

17.417 /H/03



**TUGAS AKHIR
(KL 1702)**

**ANALISA PENGARUH EKSENTRISITAS PADA KEKUATAN
STRUKTUR KAKI JACK-UP TIPE TRUSS X BRACING 3 CHORD
AKIBAT BEBAN GELOMBANG**



RSke
627.98
Ind
a-1
2002

Oleh :

MILKA INDRAWATY
NRP. 4398 100 032

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2002**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	23/09/02
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.697

**ANALISA PENGARUH EKSENTRISITAS PADA
KEKUATAN STRUKTUR KAKI JACK-UP TIPE TRUSS X
BRACING 3 CHORD AKIBAT BEBAN GELOMBANG**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Studi Program Sarjana**

**Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. D. M. Rosyid, PhD
NIP. 131 782 038

Dosen Pembimbing II



Ir. Murdjito, MSc. Eng
NIP. 131 149 376



SURABAYA

2002



ABSTRAK

ABSTRAK

*Tugas akhir ini menganalisa pengaruh eksentrisitas kaki jack up tiga kaki tipe truss 3 chord dengan jenis X bracing. Jack up yang dianalisa merupakan jack up Dyvi Gamma yang beroperasi pada kedalaman 76,5 m di Laut Utara. Tugas akhir ini meneliti seberapa besar pengaruh eksentrisitas kaki jack up terhadap kekuatan struktur. Eksentrisitas terjadi akibat adanya pengaruh kondisi struktur yang relatif lentur dan juga didukung oleh adanya pengaruh beban gelombang pada saat penurunan kaki jack up ke dasar laut. Analisa ini dilakukan melalui dua tahapan analisa yaitu analisa stick model yang bertujuan untuk menentukan gaya reaksi pada kaki. Tahapan yang kedua yaitu adalah analisa detailed model, pada analisa detailed model dilakukan analisa pada struktur dengan pengaruh gaya-gaya yang dihasilkan pada analisa stick model. Proses analisa ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software StruCad*3D. Hasil dari analisa ini berupa tegangan struktur. Berdasarkan analisa didapatkan bahwa eksentrisitas berpotensi memperbesar tegangan pada struktur. Kenaikan tegangan kombinasi pada Jack Up rata-rata adalah 21,18% untuk setiap kenaikan indeks lingkungan. Jadi berdasarkan hasil analisa eksentrisitas pada kaki jack up sangat berpengaruh pada kekuatan struktur dilihat dari kenaikan harga tegangna pada member kritis.*

ABSTRACT

*This Final Project was analyzing the strength of Jack Up Dyvi Gamma structure because the influence by Jack Up leg eccentricity. The structure operated in Norway, North Sea at 76,5 water depth. This Final Project determined the quality of influence of eccentricity due Jack Up strengthen and the effect of wave load when structure discharge to seabed and flexibility structure condition could make eccentricity. It carried out with two phase analysis, stick model is the first analysis and second analysis is detailed model. In detailed model analysis was done by analyzing the result of stick model responses. Analysis process done with Structural software StruCad*3D. The result of this analysis are combine stress, axial stress, bending stress and unity check of critical member of jack up structure increasing. Combine stress increase approximately up to 21,18% for environmental indeks. Based on final result eccentricity of jack up leg have big effect to strength of structure.*

KATA PENGANTAR

Assallammu'alaikum wr.wb.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segenap kemampuan yang penulis miliki. Tugas akhir ini berjudul ***“Analisa Pengaruh Eksentrisitas Pada Kekuatan Struktur Kaki Jack-Up Tipe Truss X Bracing 3 Chord Akibat Beban Gelombang”***.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S-1) di jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Tugas akhir ini menganalisa tentang pengaruh eksentrisitas kaki jack up terhadap kekuatan struktur. Struktur Jack Up yang diambil adalah struktur Dyvi Gamma memiliki 3 kaki dengan tipe truss 3 chord X bracing yang berlokasi di Laut Utara. Berdasarkan analisa kita dapat mengetahui seberapa besar pengaruh eksentrisitas kaki Jack Up terhadap kekuatan struktur.

Penulis menyadari dalam melakukan penelitian mungkin tidak sempurna dan terdapat kekeliruan-kekeliruan yang tidak disengaja. Maka dari itu penulis minta maaf atas segala kekurangannya dan penulis juga berharap semoga penelitian ini dapat berguna bagi pembaca yang membutuhkan di kemudian harinya.

Wassallam wr.wb.

Surabaya, Juli 2002

Milka Indrawaty

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari dorongan dan bantuan dari pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuannya baik itu secara moral maupun fisik. Untuk itu penulis dengan tulus ikhlas ingin mengucapkan beribu-ribu terima kasih pada pihak-pihak sebagai berikut :

1. Kedua Orang Tua Penulis ; Ayahanda tercinta **Hendi Durahman dan Ibunda tercinta Eri Ratna Indrawaty** atas segala doa, kasih sayang, perhatian dorongan baik secara moril maupun materil kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studi dan merasakan kebahagiaan yang tak terkira dapat dilahirkan ke dunia ini dengan memiliki kedua orang tua yang sangat menyayangi penulis sehingga penulis merasa rasa sayang penulis tidak sebanding dengan rasa sayang telah kalian berikan.
2. Teteuku tercinta **Reni Herlina** terima kasih atas rasa sayang yang diberikan sehingga penulis merasa seorang adik yang paling bahagia di dunia ini mempunyai seorang teteu yang berkorban untuk keluarga. Semoga kita dapat memperoleh kembali kebahagiaan keluarga kita seutuhnya. **Ivanku** tersayang terima kasih atas segala dukungannya semoga dapat membina suatu keluarga yang sakinah.
3. **Nenk ku (Alexis Hindradata)**, terima kasih atas semua kasih sayang, pengorbanan dan dukungan yang telah kamu berikan dan tak ternilai harganya. Hari-hari yang kita jalani begitu indah dan menyenangkan.
4. Kokok SanSan kapan lulus Cun2 yang bener yach kuliahnya. Ih Enah, Ih euneu, Mamah Elis makasih atas dukungannya.
5. Bapak Ir. Paulus Indiyono, MSc. PhD, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS
6. Bapak Dr. Ir. Wahyudi, MSc selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS.
7. Bapak Ir. Hasan Ikhwani, MSc selaku Dosen Wali atas bimbingannya selama penulis menyelesaikan studi.

8. Bapak Ir. Daniel M. Rosyid, PhD selaku Dosen Pembimbing I atas segala bantuan dan bimbingan yang diberikan.
9. Bapak Ir. Murdjito, MSc.Eng selaku Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, bantuan, bimbingan, pengalaman dan dorongan yang telah diberikan bapak sangat berjasa pada saya dalam penyelesaian tugas akhir ini maupun dalam menyelesaikan kuliah.
10. Bapak Ir Arief Suroso, MSc selaku Dosen Teknik Kelautan atas kemurahan hati, kebaikan, kesabaran dan pengertiannya kepada setiap mahasiswa yang mengikuti mata kuliah yang diajarkan.
11. Bapak-bapak Dosen beserta seluruh karyawan Teknik Kelautan ITS yang penulis tidak bias sebutkan satu persatu atas ilmu yang diberikan kepada penulis serta bantuannya selama penulis menyelesaikan studi di jurusan ini.
12. Nent terima kasih sudah menjadi sahabat terbaikku dari SD sampai sekarang, terima kasih telah menjadi pendengar, penasihat, pendukung setiaku dikala sedih, terima kasih atas semangat yang diberikan, pundak yang kamu sediakan buat penulis, pelukan hangat yang diberikan disaat penulis membutuhkannya, semoga kita akan menjadi sahabat abadi dalam susah dan senang, semoga cinta hadir di kehidupanmu. Ndot terima kasih atas kebahagiaan, hari-haria ceria yang kamu berikan, senyum, canda yang kamu ciptakan sehingga dunia ini terasa ceria jika kita bersama semoga kita tetap menjadi sahabat yang abadi selamanya, semoga kamu mendapatkan pendamping yang menurutmu sesuai. Nie terima kasih atas keceriaan yang kamu berikan semoga kamu tetap menjadi Nie yang baik, semoga kamu dapat mendapat pendamping yang setia dan baik. Diol, Gholit terima kasih sudah menjadi temanku semoga kalian berdua menyadari bahwa persahabatan itu angat berarti. Terima kasih buat kalian berlima semoga kalian menjadi sahabat abadiku samapi kita punya anak nanti ingatlah semua yang pernah kita alami bersama. Melewati hari-hari bersama kalian berlima sungguh menyenangkan dan dunia terasa indah danceria sepanjang hari

13. Arek kontrakan U-111 Lia, Mbak Rima, Risa, Alex terima kasih atas hari-hari yang menyenangkan bersama kalian. Deni, Singgih I miss you. Lia kapan kamu menyusul, cepetan kerjain TA nya
14. Mantan anak Kost U-189 Mbak Winny, Tanti, Desi, Mbak Iez, Mbak Ika, Mbak Iput, Mbak Shinta I miss you all.
15. Diah, Indah, Thia, Yenung, Mamah
Terima kasih atas persahabatannya selama empat tahun. Djal akhirnya kita lulus juga yach... setelah berjuang selama empat tahun. Mon cepetan KP and selesain TA nya yach... baik-baik yach. Ti.. kamu TA sekarang khan..Mamah Yenung cepetan TA.
16. Medi kamu kemana aja ???? udah lama kita nggak ngobrol bareng Gus Dur ojo mayak.... Dot com. Jangan chatting terus cepetan proposalnya. Yosi tentukan semuanya dengan pasti jangan bikin bingung orang. Didik akhirnya kita lulus bareng yach...Punk terus berjuang kejar IPK 3 yach...Willy bronisnya makasih yach. Rouf kapan kamu ta'kelabang lagi, sorry aku sering nyubitin pipimu, abis kamu lucu kaya kucing. Daffi tetaplah jadi seorang politikus. Budi Ndut kapan kucuran dananya keluar.. jangan makan terus yach..
17. Jendral thanks atas bantuan dan akhirnya kita lulus P3 yach... cepet pona'annya yach.... TR2nya dikerjain yach. Teddy (Eko) kapan kamu show lagi thanks atas kelucuan kamu, jaga Thia yach...Iza jangan bawel terus yach..Udin oleh-oleh dali Amelikanya mana??? Udah ketemu Pamela Andelson belum???? Mamad, Donny udah baikan dan kompak lagi yach... Mad jangan pacaran Tok kerjain TA nya. Puccky kamu kapan TA ke Guna Nusa lagi yuk. Dadang berjuang terus yach selesain TA nya. Sulung ojo mesum tok.. Fonda jeleeeeeeeeeeeek jangan iseng terus donk. Gedek, Hilman, Syarif, Arya, Erwin, Macrus, Isa Fransiscus I miss you all.
18. Tim klasik gimana masih kompak?.... Mbah, Satriyanto akhirnya kita foto bareng yach and salaman sama P'Rektor. Wiyono Rudi cepetan lulus kamu pasti bias. Sindhu kapan ngelamar yenung, Lalu ngomong donk..... hati-hati ujian P3 kalau nggak bisa ngomong. Destra kamu kemena aja

sich??? Rendra Teguh akhirnya kita lulus optimasi, makan yang banyak yach.. biar cepet gemuk.

19. Dji Sam Soe (Djatismiko, Bambang, Yusuf, Bunbun, Panggi, Puguh, Kodir, Timbul), tetaplah dengan kisah-kisah cinta kalian. Bun2 jangan aneh-aneh donk, Bambang (Paman) sedot lemak yuk... Djat ingatlah kisah cinta dulu. Panggi carilah cinta sejatimu. Yusuf makasih keponakannya.
20. Lidia, Ari kapan kalian lulus ????? cepetan nyusul donk... kalian pasti bias kok. Lid baksonya mana ama pizzanya. Kunto, Iwan kamu kemana aja????
21. Anak Lab komputasi Mas Ondik kita lulus bareng yach... thanks latihan P3 nya tetaplah tegar dan kuat. Denok cepetan kuliahnya....Mas Anam kapan kita keja yach ...Mas Iwan jangan mutungan donk ayo ke SMP 6 yuk. Pak Slamet makasih bukunya yach.
22. Kakak-kakak 97 Mbak Dian Thanks atas bacemannya, Mas Didik thanks atas ilmu, Mas Pradin, Mas Rumanto Good Luck, Zenik pacaran aja loe... ayo cepet lulus,Mas Mbud kuatkan hatimu cinta memang begitu. Mas Mamik, Siswo, Arco, Mac,Andri akhirnya kita lulus bareng. Faruq tetaplah berjuang dengan uji labnya. Mas Abud thanks atas muridnya yach....Mbak Silvi, Mbak Mill, M'Retno, M'Yuki kita lulus bareng yach... Dan yang lainnya yang tidak bias penulis sebutkan satu persatu makasih atas bantuannya selama ini.
23. Arek 99 and arek lantai 4 (Zenik, Fahmi, Vickri, Satrio, Vivian, Patkay, Ferry, Gempur, Breh, Itop) thanks atas canda tawanya. Cewek 99 semoga tetap kompak and jadilah angk 99 yang utuh.
24. Dan semuanya yang penulis tidak bias tulis dan sebutkan satu-persatu terimakasih atas segala bantuan, dorongan dan dukungannya.

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Lembar Pengesahan

Abstract

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Notasi

Daftar Tabel

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan	I-4
1.4. Manfaat	I-4
1.5. Batasan Masalah	I-4
1.6. Metodologi Penelitian	I-7
1.7. Sistematika Penulisan	I-9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka	II-1
2.2. Landasan Teori	
2.2.1. <i>Jack-Up Platform</i> Secara Umum	
2.2.1.1. Konstruksi Kaki <i>Jack-Up</i>	II-8

2.2.1.2.	Kriteria Perancangan Bentuk	
	Kaki <i>Jack-Up</i>	II-9
2.2.1.3.	Konstruksi Sepatu Tumpu dan	
	Sistem <i>Jacking</i>	II-11
2.2.1.4.	Sistem Pengikat	II-13
2.2.1.5.	Prosedur Perancangan Struktur <i>Jack-Up</i>	II-13
2.2.2.	Teori Gelombang	II-15
2.2.3.	Teori Pembebanan	
2.2.3.1.	Beban Mati (<i>dead loads</i>)	II-20
2.2.3.2.	Beban Hidup (<i>live loads</i>)	II-21
2.2.3.3.	Beban Akibat Kecelakaan	
	(<i>accidental loads</i>)	II-21
2.2.3.4.	Beban Lingkungan (<i>environmental</i>	
	<i>loads</i>)	II-21
2.2.4.	Teori Pemodelan Struktur	
2.2.4.1.	Pemodelan Secara Umum	II-24
2.2.4.2.	Pemodelan Struktur <i>Jack-Up</i>	II-25
2.2.5.	Metode Elemen Hingga Sebagai Dasar	
	Analisa Statis	
2.2.5.1.	Prosedur Perhitungan Lendutan pada	
	Struktur	II-35
2.2.5.2.	Pendiskritan dari Sistem yang Dianalisa	II-36
2.2.5.3.	Menentukan Tegangan dan Regangan	
	Elemen	II-37

2.2.5.4. Interpretasi Hasil	II-37
2.2.6. Tegangan	
2.2.6.1. Tegangan Normal	II-37
2.2.6.2. Tegangan Geser	II-39
2.2.6.3. Kriteria Tegangan Ijin	II-40
2.2.7. Indeks Lingkungan	II-43
2.2.8. Analisa <i>Quasi Statis Deterministik</i>	II-44

BAB III PEMODELAN STRUKTUR DAN PEMBEBANAN

3.1. Umum	III-1
3.2. Metodologi Analisis	III-3
3.3. Penjelasan Alur Pengerjaan	
3.3.1. Pengumpulan Data	III-8
3.3.2. Pemodelan Struktur Kaki <i>Jack-Up</i>	
3.3.2.1. <i>Stick Model</i>	III-9
3.3.2.2. <i>Detailed Model</i>	III-12
3.3.2.2.1. Data Ukuran <i>Jack-Up</i>	III-14
3.3.2.2.2. Pemodelan Beban	III-22
3.3.3. Analisa Pemodelan Struktur	III-26
3.3.4. Kesimpulan	III-26

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil	
4.1.1. Analisa Respons pada <i>Stick Model</i>	
4.1.1.1. Gaya Reaksi pada Tumpuan Searah	
Sumbu X	IV-3

4.1.1.2.	Moment pada Tumpuan Searah	
	Sumbu Y	IV-5
4.1.2.	Respons Analisa Global	IV-6
4.1.3.	Analisa <i>Detailed Model</i> Akibat Pengaruh	
	<i>Eksentrisitas</i> Terhadap Kekuatan Struktur	
4.1.3.1.	Tegangan Kombinasi	IV-10
4.1.3.2.	Tegangan Aksial	IV-11
4.1.3.3.	Tegangan Lentur	IV-12
4.1.3.4.	Tegangan Geser	IV-13
4.1.3.5.	<i>Unity Check</i>	IV-14
4.1.4.	Analisa Tegangan Pengaruh Beban <i>Deck Jack-Up</i>	
	Satu Kaki	
4.1.4.1.	Tegangan Kombinasi	IV-16
4.1.4.2.	Tegangan Aksial	IV-17
4.1.3.3.	Tegangan Geser	IV-18
4.1.3.4.	<i>Unity Check</i>	IV-19
4.2.	Pembahasan	IV-20

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-3

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.3. Gambar Struktur Dengan Pengaruh Eksentrisitas	I -3
Gambar 1.2. Struktur <i>Jack-Up</i> 3 Kaki dengan 3 <i>Chord</i> Tampak Atas	I -5
Gambar 1.3. Bentuk Kaki Tipe <i>Truss</i> 3 <i>Chord</i> dengan <i>X Bracing System</i>	I -5
Gambar 2.1. Konstruksi <i>Chord</i> Tipe <i>MSC/Fride Goldman-chord</i>	II-10
Gambar 2.2. Konstruksi <i>Chord</i> Tipe <i>Gusto Chord</i>	II-11
Gambar 2.3. Grafik <i>Region of Validity</i> (API RP 2A, 1994)	II-15
Gambar 2.4. <i>Stick model</i> Struktur <i>Jack-Up</i> (Boswell L.F., 1987)	II-27
Gambar 2.5. Luasan Ekuivalen untuk <i>X Bracing System</i> (Murdjito, 1997)	II-28
Gambar 2.6. Proyeksi <i>Chord</i> (DnV, 1984).	II-29
Gambar 2.7. Proyeksi <i>Diagonal Brace</i> (DnV, 1984)	II-29
Gambar 2.8. Proyeksi <i>Horisontal Brace</i> (DnV, 1984).	II-30
Gambar 2.9. <i>Detailed Model</i> Struktur <i>Jack-Up</i> (Hancox, M., Vol 2, 1993)	II-34
Gambar 2.10. Pembebanan Aksial pada Batang Tubular (Popov, 1993)	II-38
Gambar 2.11. Pembebanan Momen Kopel pada Batang Tubular (Popov, 1993)	II-38
Gambar 2.12. Gaya puntiran pada Batang Silinder (Popov, 1993)	II-40
Gambar 3.1. Diagram Metodologi Penelitian	III-7
Gambar 3.2. Sistem <i>Support</i> dan Nomor <i>Joint Stick Model</i> 3 Kaki untuk Analisa Global	III-10
Gambar 3.3. <i>Stick Model</i> dengan Pengaruh Eksentrisitas	III-11
Gambar 3.4. Diagram Alur Pembuatan <i>Stick Model</i>	III-12
Gambar 3.5. Diagram Alur Pembuatan Model dan Analisa	

<i>Detailed Model</i>	III-13
Gambar 3.6. Ukuran Utama Struktur <i>Jack-Up</i>	III-15
Gambar 3.7. Model Kaki <i>Jack-Up</i> per bay X <i>bracing system</i> yang akan Dianalisa	III-18
Gambar 3.8. Penampang Kaki dan Sistem <i>Pinions</i> pada <i>Chord</i> (<i>Murdjito, 1997</i>)	III-18
Gambar 3.9. Sistem <i>Support</i> dan Nomer <i>Joint Detailed model</i> dengan X <i>Bracing System</i>	III-21
Gambar 4.1. Grafik Kenaikan Gaya Reaksi Searah Sumbu X Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-4
Gambar 4.2. Grafik Kenaikan Moment Reaksi Searah Sumbu Y Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-5
Gambar 4.3. Grafik KenaikanTegangan Kombinasi Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-10
Gambar 4.4. Grafik KenaikanTegangan Aksial Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-11
Gambar 4.5. Grafik KenaikanTegangan Lentur Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-12
Gambar 4.6. Grafik KenaikanTegangan Geser Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-13
Gambar 4.7. Grafik Kenaikan <i>Unity Check</i> Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i>	IV-14
Gambar 4.8. Grafik KenaikanTegangan Kombinasi Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i> dengan Beban <i>Deck</i>	IV-17

Gambar 4.9. Grafik Kenaikan Tegangan Aksial Akibat

Pengaruh *Eksentrisitas* dengan Beban *Deck*

IV-17

Gambar 4.10. Grafik Kenaikan Tegangan Geser Akibat

Pengaruh *Eksentrisitas* dengan Beban *Deck*

IV-18

Gambar 4.11. Grafik Kenaikan *Unity Check* Akibat

Pengaruh *Eksentrisitas* dengan Beban *Deck*

IV-19

DAFTAR NOTASI

M_s	= momen pengembali struktur (Nm)
G	= berat fungsional (N)
b	= jarak antara titik berat ke sumbu putar (m)
n	= jumlah kaki
P_i	= beban aksial terkecil pada kaki (N)
P_e	= beban kritis Euler untuk silinder (N)
e_o	= eksentrisitas tumpuan (m)
k	= angka gelombang
f	= frekuensi (Hz)
η	= defleksi bebas air permukaan dari <i>still water level</i>
u	= Kecepatan partikel (m/s)
a	= Percepatan partikel (m/s^2)
G_{11}, G_{13}, G_n	= menyatakan parameter kecepatan gelombang
F_{22}, F_{24}, F_n	= menyatakan parameter profil gelombang yang berdasarkan pada nilai k_d dan a yang menyatakan parameter tinggi gelombang.
C	= kecepatan rambat gelombang (m/s)
F	= Gaya gelombang yang bekerja pada struktur per satuan panjang (kN)
C_D	= Koefisien <i>drag</i> .
C_I	= Koefisien inersia ($C_I = 1 + C_M$)
C_M	= Koefisien massa tambah

ρ	= Massa jenis air laut (kg/m)
D	= Diameter silinder (m)
A	= Luasan penampang (m^2)
F_d	= Gaya <i>Drag</i> pada struktur (kN)
F_i	= Gaya Inersia (kN)
A_c	= Luas penampang satu <i>chord</i> (m^2)
I_c	= Momen inersia satu <i>chord</i> (m^4)
l	= Jarak aktual antara pusat <i>chords</i> (m)
A_T	= Luas penampang total dari <i>chords, diagonal braces</i> dan <i>horizontal braces per unit length leg</i> (m^2)
B	= lebar <i>chord</i> dengan <i>racknya</i> (m)
D_c	= diameter <i>chord</i> (m)
l_n	= tinggi 1 <i>bay</i> (m)
ρ_w	= densitas dari air asin, ($1.025 \text{ kNs}^2/m^4$)
D_{eq}	= diameter ekuivalen (m)
V_c	= kecepatan arus, disini 1.0 m/s
L	= panjang elemen (m)
r	= jari-jari girasi ($0,35 D$)

DAFTAR TABEL

Table 2.1. Nilai Parameter Profil Gelombang	II-17
Tabel 2.2. Nilai Parameter Kecepatan	II-18
Table 2.3. Parameter Frekuensi Gelombang	II-19
Tabel 3.1. Properti <i>Stick Model</i> Ekuivalen untuk X dan <i>Bracing Sistem</i>	III-11
Tabel 3.2. Ukuran <i>Chord</i> dan <i>Bracing Model Kaki Jack-Up</i> <i>(Dyvi Gamma, DnV Report, 1984)</i>	III-16
Tabel 3.3. <i>Slenderness & Thickness Ratio Model Kaki Jack-Up</i>	III-17
Tabel 3.4. Nilai Variasi Beban Gelombang Berdasarkan Perbedaan Tinggi Gelombang	III-25
Tabel 4.1. Perhitungan <i>Environmental Indeks</i> untuk Tiap-tiap Beban Gelombang pada Variasi Ketinggian	IV-2
Tabel 4.2. Harga Besarnya <i>Eksentrisitas</i> Pada Struktur <i>Jack-Up Dyvi Gamma</i>	IV-3
Tabel 4.3. Persentase Kenaikan Gaya Reaksi Searah Sumbu X Akibat <i>Eksintrisitas</i> Terhadap Kondisi Normal	IV-5
Tabel 4.4. Persentase Kenaikan Momen Reaksi Searah Sumbu Y Akibat <i>Eksintrisitas</i> Terhadap Kondisi Normal	IV-6
Tabel 4.5. Input Data untuk Analisa Global	IV-7
Tabel 4.6. Respons Analisa Global	IV-8
Tabel 4.7. Persentase Kenaikan Tegangan Akibat <i>Eksentrisitas</i>	IV-9
Tabel 4.8. Persentase Kenaikan Tegangan dan <i>Unity Check</i> Akibat Pengaruh <i>Eksentrisitas</i> dan Beban <i>Deck</i>	IV-16



BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perancangan bangunan struktur *jack-up platform* pada tahun-tahun terakhir ini ditujukan untuk daerah perairan yang semakin dalam dengan kondisi laut yang semakin ganas dan waktu pengoperasian yang semakin lama. Hal ini merupakan terobosan baru dalam pengoperasian anjungan *jack-up platform* yang secara teknis dan ekonomis mampu bersaing dengan jenis-jenis anjungan yang lain. Konfigurasi *jack-up platform* ditujukan agar anjungan ini setelah melakukan fungsinya pada satu lokasi dapat dipindahkan dan digunakan lagi untuk operasi di tempat lain. Pemahaman akan perkembangan perancangan (*conceptual design*) struktur *jack-up* yang telah ada merupakan hal penting agar perancang dapat menciptakan suatu rancangan baru yang inovatif dan kompetitif dalam aspek operasional. Metodologi dan prosedur teknis perancangan *jack-up* masih perlu disempurnakan lagi dengan memasukkan permasalahan kompleksitas dari sistem (Murdjito, 1993).

Cara Tradisional untuk melakukan proses perancangan ini adalah menggunakan pendekatan iteratif yang melibatkan perhitungan yang lazim disebut analisa. (Rosyid, 1996).

Dalam perancangan struktur *jack-up platform* terdapat tiga fase, yaitu fase transportasi, instalasi dan operasi yang harus senantiasa menjadi bahan pertimbangan utama (Murdjito, 1997/1998). Dalam analisa design *jack-up* perlu



dilakukan secara integrasi atas parameter-parameter perancangan. Kondisi *jack-up* pada waktu operasi merupakan kondisi yang paling penting dalam analisa *jack-up*.

Perkembangan konsep analisa struktur anjungan lepas pantai meliputi jenis, tata letak dan geometri struktur. Tujuan setiap analisa struktur adalah untuk memastikan bahwa respon yang dihitung (terutama tegangan dan lendutan) bagi model struktur yang ditinjau berada dalam harga-harga yang diijinkan (Rosyid, 1996).

Metode penting yang sering digunakan dalam pekerjaan analisa suatu konstruksi bangunan lepas pantai adalah metode deterministik. Metode ini biasa digunakan untuk analisa perancangan konsep karena analisisnya mudah dilakukan dan hasilnya dalam waktu singkat dapat dilihat. Analisa yang biasa digunakan untuk perancangan *jack-up platform* adalah *quasi static deterministic analysis*, dimana beban gelombang (beban siklis) yang mengenai struktur didekomposisikan menjadi gelombang reguler yang tidak dinyatakan dalam fungsi waktu, sehingga beban siklis seolah-olah dianggap sebagai beban statis. Analisa ini dilakukan mengingat banyaknya kesulitan yang ditemui dalam analisa dinamis. Pendekatan statis ini diambil untuk mendapatkan gambaran awal konsep perancangan yang paling potensial untuk dikembangkan sebelum dilakukan analisa lebih lanjut.

Untuk proses analisa model matematis struktur, ada dua metode penting yang lazim digunakan, yakni *Discrete Element Method (DEM)* dan *Finite Element Method (FEM)*. Pertama yang dilakukan untuk analisa struktur adalah analisa secara global untuk mendapatkan ukuran utama *jack-up*. Setelah ini baru



dilakukan pemodelan detail (*detailed model*) untuk melihat karakteristik tiap-tiap elemen (Murdjito, 1996)

Pada saat pelaksanaan instalasi *jack-up* yaitu pada fase *jacking* atau penurunan kaki *jack-up* bisa ditemukan kasus dimana adanya pengaruh eksentrisitas kaki *jack-up* diakibatkan beban gelombang dan beban arus. Eksentrisitas pada kaki *jack-up* ini dapat berpengaruh pada beban kritis euler yang secara otomatis akan berpengaruh pada kekakuan kaki *jack-up*. Selain itu beban kritis *euler* juga dapat mengakibatkan pengaruh pada momen pengembali struktur terhadap momen guling. Untuk itu perlu diperhatikan pengaruh eksentrisitas kaki *jack-up* terhadap kekuatan kaki *jack-up* itu sendiri.

Eksentrisitas adalah suatu bentuk penyimpangan sumbu gaya aksial yang terjadi pada tumpuan, jadi eksentrisitas merupakan suatu jarak penyimpangan tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.1. Dengan adanya eksentrisitas dapat mengakibatkan peningkatan tegangan pada member dan sekaligus akan menurunkan kekuatan struktur *Jack Up* itu sendiri.



Gambar 1.1. Gambar struktur dengan pengaruh eksentriitas



1.2. Perumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang pengaruh eksentrisitas kaki *jack-up*, maka perumusan masalah yang dibahas pada tugas akhir ini adalah :

- Bagaimana pengaruh eksentrisitas pada kekuatan kaki *jack-up* tipe *truss X bracing 3 chord* terhadap kekuatan struktur kaki *jack-up* akibat beban gelombang.

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah :

- Mengetahui seberapa besar pengaruh eksentrisitas pada kekuatan kaki *jack-up* tipe *truss X bracing 3 chord* akibat beban gelombang. Adapun parameter kekuatan kaki *jack-up* tersebut adalah :
 - ❖ Tegangan
 - ❖ Interaction Ratio.

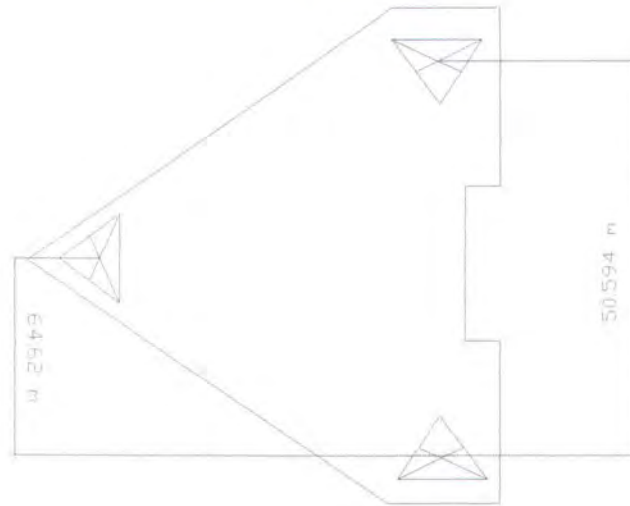
1.4. Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari analisa dalam tugas akhir ini adalah mendapatkan hasil pengaruh eksentrisitas terhadap kekuatan kaki *jack-up* tipe *truss X bracing 3 chord*.

1.5. Batasan Masalah

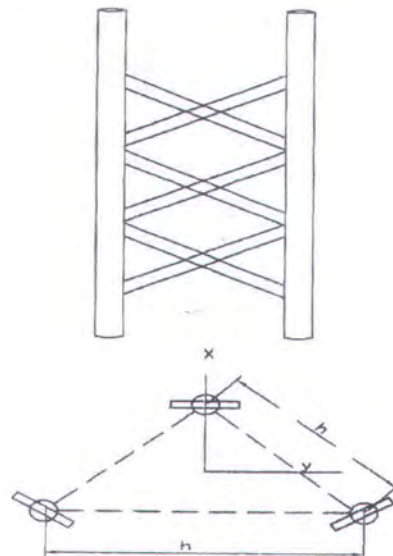
Untuk mempersempit permasalahan dan mempermudah perhitungan maka akan dibatasi sebagai berikut :

- a. Jenis struktur yang dianalisa adalah kaki *jack-up* dengan jumlah kaki 3.



Gambar 1.2. Struktur jack-up 3 kaki dengan 3 chord tampak atas.

- b. Beban yang bekerja pada struktur adalah beban vertikal (*payload*) dan beban gelombang.
- c. Analisa yang dipakai adalah analisa statis pada kondisi operasional di Laut Utara.
- d. Bentuk kaki yang ditinjau adalah tipe *truss X-brace 3 chord*.



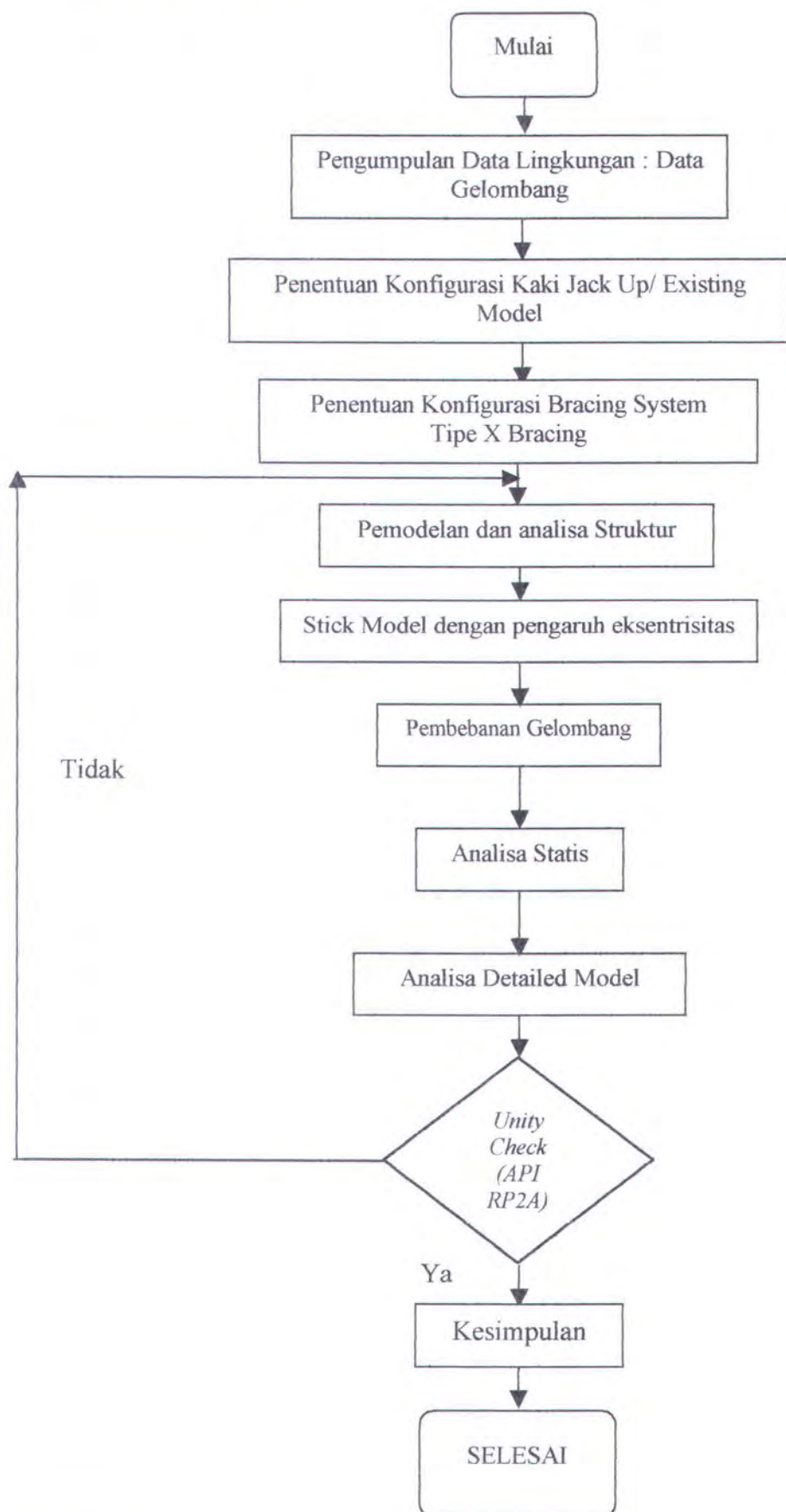
Gambar 1.3. Bentuk kaki tipe *truss 3 chord* dengan *X bracing system*



- e. Kaki dianggap terpancang dengan tumpuan engsel.
- f. Penyudutan pada kaki *jack-up* sebesar e/L 0.018, e/L 0.052 dan e/L 0.088.
- g. Data ukuran utama *jack-up* didapat dari existing model *Dyvi Gamma*.
- h. Perhitungan respons struktur meliputi tegangan, gaya reaksi dan moment yang bekerja dilakukan dengan menggunakan program *STRUCAD*.



1.6. Metodologi Penelitian.



**Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah :**

1. Pengumpulan data lingkungan
Pengumpulan data lingkungan yang meliputi gelombang yang nantinya digunakan sebagai perhitungan beban.
2. Pengumpulan data struktur.
Pengumpulan data struktur *jack-up* meliputi dimensi, material dan berat diambil dari *existing model*.
3. Menentukan konfigurasi *bracing system*.
Konfigurasi *bracing system* yang digunakan adalah X-brace.
4. Pemodelan struktur.
Pemodelan awal yaitu dengan menggunakan *stick model* merupakan suatu batang yang sudah equivalent (mendekati) dengan *detailed model* dalam hal ini perilaku strukturnya. Oleh karena itu sebelum melakukan analisa lebih lanjut kita harus melakukan equivalent model dengan *detailed model*, baik itu untuk X-brace. Kemudian dilakukan pemodelan dengan menggunakan eksentrisitas mulai dari e/L 0.018, 0.052 sampai 0.088.
5. Analisa Struktur.
Setelah diperoleh analisa pada *stick model* kemudian diambil gaya-gaya reaksi maupun momen pada *stick model* tersebut. Kemudian gaya-gaya serta moment tersebut akan dianalisa dengan menggunakan *detailed model* dan sekaligus dilakukan pembebanan gelombang dan beban *deck*. Setelah dianalisa kemudian dicek kembali dengan menggunakan API RP 2A, apakah rasio interaksi ≤ 1 . Jika tidak kita harus mengubah konfigurasi kaki *jack-up*. Kemudian apabila ya, maka kita lihat perilaku strukturnya.
6. Mendapatkan perilaku struktur akibat pengaruh eksentrisitas pada kaki *jack-up* tipe *truss X bracing 3 chord*.
7. Mendapatkan kesimpulan dari hasil analisa perilaku struktur kaki *jack-up* tipe *truss X-brace 3 chord* akibat pengaruh eksentrisitas pada kaki *jack-up*.



1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang studi yang dilakukan, permasalahan, tujuan yang akan dicapai yaitu permasalahan yang ada, manfaat, batasan-batasan masalah yang dipakai dalam penyelesaian tugas akhir ini dan metodologi penelitian serta sistematika penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Dalam penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang struktur bangunan lepas pantai yang pernah dilakukan dan dasar teori khususnya tentang *Jack Up platform*. Dasar teori yang digunakan antara lain dasar-dasar perancangan *Jack Up* dan pemodelan tentang eksentrisitas, teori gelombang, ketentuan dan peraturan mengenai kekuatan struktur yang direkomendasikan oleh *API RP2A-WSD*.

BAB III PEMODELAN STUKTUR DAN PEMBEBANAN

Bab ini menerangkan tentang pemodelan struktur secara keseluruhan yang mengikuti metodologi penelitian yang telah ditentukan. Pemodelan ini meliputi pemodelan struktur dan pembebanan, termasuk di dalamnya adalah pengumpulan data struktur dan data lingkungan, penentuan konfigurasi struktur *Jack Up*, pemodelan *stick model* yang termasuk di dalamnya



pelaksanaan *equivalent model* dari *detailed model* ke *stick model*, pemodelan *detailed model* dari data yang telah ada. Pemodelan beban yang dilakukan mengikuti data yang telah ada dan teori perhitungan yang ditentukan. Pemodelan ini mengacu pada peraturan yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini yaitu *API RP2A-WSD*.



BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang pengaruh eksentrisitas terhadap kekuatan struktur yang didapat dengan bantuan software *StruCad* berdasarkan standar perancangan *API RP2A-WSD*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran penyelesaian permasalahan penelitian lebih lanjut dari struktur.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka.

Perkembangan teknologi di bidang bangunan lepas pantai melaju pesat. Ini dibuktikan dengan adanya berbagai jenis *offshore structure* di lepas pantai yang berfungsi sebagai *production platform*, *wellhead platform* maupun kombinasi antara keduanya. Munculnya struktur-struktur yang lebih memiliki teknologi yang lebih baik meningkatkan hasil eksplorasi yang lebih berkualitas dan pengoperasiannya lebih ekonomis. Salah satu contoh adalah *Jack-up platform* yang dapat dioperasikan lebih dari satu kali penggunaan. Jadi apabila ladang minyak di suatu tempat telah habis maka struktur ini dapat dioperasikan di tempat lainnya dengan cara di pindah tempatkan.

Jack-up Platform merupakan anjungan lepas pantai yang sampai sekarang ini paling banyak digunakan untuk pengeboran sumur-sumur minyak. Cara dalam pengoperasian minyak sangatlah bervariasi. Lama pengoperasian *Jack-up platform* tidak tentu, bisa saja dia hanya beroperasi dalam jangka waktu satu minggu atau beberapa bulan hingga beberapa tahun. Jangka waktu ini bergantung pada jenis pengoperasian yang dilakukan, apakah dia sebagai anjungan produksi, anjungan pengeboran atau sebagai anjungan pendukung.

Perkembangan *Jack-up* sekarang ini menuntut untuk beroperasi di perairan yang lebih dalam dengan waktu operasi yang lebih lama, dengan tujuan untuk menghasilkan suatu komoditas yang lebih ekonomis secara teknis sehingga dapat bersaing dengan jenis anjungan lainnya.



Jack-up platform merupakan kombinasi konsep antara anjungan terpancang (*fixed offshore platform*) dan anjungan terapung (*floating offshore platform*). Kombinasi struktur ini diharapkan dapat memadukan dua keunggulan dari masing-masing struktur seperti *jacket steel structure* dan *semi submersible*. Ini dikarenakan pada fase transportasi *jack-up* berada dalam kondisi terapung sedangkan pada fase operasi *jack-up* dalam kondisi terpancang dengan kedalaman perancangan sekitar 1 m sedang geladak dan bangunan atas ditopang oleh kaki-kakinya berada pada ketinggian yang tidak dijangkau oleh gelombang. Hal ini menjadikan *jack-up* pada waktu operasional lebih stabil bila dibandingkan dengan anjungan terapung dan lebih mudah untuk ditransportasi karena dalam kondisi terapung dibanding bangunan terpancang. (Murdjito, 1996/1997).

Beban yang paling berpengaruh pada struktur *jack-up* adalah beban *hidrodinamis* yaitu beban yang disebabkan karena beban luar. Pengaruh beban dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur tersebut berupa terjadinya deformasi yang serius pada struktur *jack-up* atau stabilitas *jack-up* yang terlalu rendah.

Hal yang lebih penting, *jack-up* memiliki kekakuan lateral yang sangat kecil, seiring dengan bertambahnya kedalaman laut, periode natural *jack-up* cukup besar dan mulai melebihi batas pada periode gelombang mulai melebihi batas pada periode gelombang dengan energi yang signifikan (periode 4 – 5 second dan di atasnya). Oleh karena periode *jack-up* lebih besar dari 3 detik maka analisa dinamis pada struktur *jack-up* akibat beban *hidrodinamis siklis* adalah hal yang sangat penting untuk mengetahui respons total dari struktur kaki *jack-up* (Boswell L.F., 1987).



Deformasi yang serius pada struktur *jack-up* terutama pada deformasi pada kaki di daerah *hot spot*. Terjadinya deformasi ini dapat diakibatkan oleh kondisi plastis struktur dan karena *fatigue*. Kondisi plastis tentunya sebagai akibat dari besarnya beban external baik itu berupa beban lingkungan dan lain-lain, kekakuan struktur yang terlalu rendah dan periode natural terlalu tinggi sedangkan respon maximum menjadi tinggi.

Kondisi *jack-up* yang relatif lentur dan proses instalasi pada waktu *jacking* dimana kondisi perairan yang bergelombang sehingga mengakibatkan struktur mudah mengalami *eksentrisitas*. Adanya *eksentrisitas* ini berpengaruh pada tegangan kaki sekaligus berpengaruh pada kekuatan struktur *jack-up* itu sendiri.

2.2. Landasan Teori.

2.2.1. Jack-up Platform Secara Umum

Jack-up platform merupakan struktur yang terbentuk dari gabungan metode antara *fixed structure (jacket steel structure)* dan *floating structure (semi submersible)*. Ini diharapkan struktur *jack-up* dapat memiliki kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh kedua tipe struktur tersebut, yaitu pada fase operasi maupun pada fase transportasi.

Jack-up platform memiliki tiga tahap pengoperasian yaitu fase transportasi, fase operasi dan fase instalasi. Setiap fase mempunyai pengaruh masing-masing terhadap perancangan *jack-up platform*. Oleh karena itu ketiga fase tersebut harus menjadi satu pertimbangan dalam perancangan. Ketiga fase tersebut akan dijelaskan di bawah ini.



1. Fase Transportasi

Fase transportasi adalah pemindahan *jack-up platform* dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Hal ini dapat terjadi pada satu lokasi pengeboran ke lokasi pengeboran lain atau dari galangan atau pelabuhan ke lokasi kerja. Pada umumnya struktur *jack-up platform* tidak dilengkapi dengan fasilitas penggerak sendiri (*propulsion system*). Pada waktu transportasi salah satu ujung kaki-kaki *jack-up platform* terikat pada geladak sedang ujung yang lain bebas menjulang di atas geladak. Untuk transportasi *jack-up platform* ada dua cara yang sering digunakan yakni :

a. Sistem Transportasi Basah

Pada *wet tow transport*, *jack-up platform* dalam keadaan terapung dan ditarik dengan tug boat ke lokasi operasi. Sistem transportasi basah biasanya hanya untuk *ocean going* dengan jarak relatif dekat. Sebagai kriteria perancangan untuk system transportasi basah adalah stabilitas dalam keadaan terapung. Sebagai parameter stabilitas struktur di sini adalah stabilitas dinamis struktur. Untuk *jack-up platform* besarnya stabilitas dinamis struktur pada umumnya lebih besar dari 1.4.

Beban yang diderita oleh *jack-up platform* pada waktu *wet tow transport* berupa :

- Beban vertikal pada geladak sebagai akibat dari berat kaki, konstruksi geladak dan fasilitas yang ada di atas geladak struktur *jack-up*.
- Beban momen pada kaki, terutama pada bagian kaki yang terikat dengan geladak *jack-up*. Hal ini diakibatkan oleh beban angin, gerakan *platform* dan kecepatan transportasi.



- Beban vertikal, horisontal dan momen yang terjadi pada kaki-kaki *jack-up* selanjutnya didistribusikan ke geladak *jack-up* melalui konstruksi pengikat antara ujung kaki dengan geladak.

b. Sistem Transportasi Kering

Sistem transportasi kering adalah transportasi *jack-up platform* di atas geladak kapal atau tongkang pengangkut. Metoda *dry transport* pada umumnya *flat on/float off (Flo on/Flo off)*. Dengan *dry transport*, *jack-up* dapat dengan cepat dipindahkan dan pada umumnya untuk transport jarak jauh. Selain itu *dry transport* dapat lebih menjamin keselamatan dan keandalan transport struktur. Berat dan besarnya struktur *jack-up platform* serta ketersediaan fasilitas transportasi menentukan kelayakan pelaksanaan transportasi. Sebagai kriteria transport adalah stabilitas kapal/tongkang pengangkut.

2. Fase Instalasi.

Fase instalasi dilakukan setelah anjungan *jack-up* sampai di lokasi operasi. Fase instalasi meliputi kegiatan penurunan kaki *jack-up* hingga menyentuh dasar laut, pembebanan awal (*pre-loading*) dan mengangkat geladak hingga ketinggian tertentu dari permukaan air tenang agar tidak terjangkau gelombang air laut. Dan yang terakhir adalah pengikatan kaki dengan geladak. Pada fase ini sering terjadi adanya pengaruh *eksentrisitas* yang diakibatkan adanya *external forces* yaitu beban gelombang maupun beban arus, karena semakin dalam *jack-up* itu diturunkan maka kekakuan kaki semakin kecil dan plastisitasnya semakin besar.

Penggunaan *jacking system* kemungkinan beban yang terjadi adalah :



- Deformasi geladak sebagai akibat dari berat kaki-kaki *jack-up*. Akan tetapi deformasi ini juga dapat menimbulkan beban momen pada kaki-kaki *jack-up* tersebut.
- Sebagai akibat tumbukan antara kaki *jack-up* dengan dasar laut dapat menimbulkan beban *axial* dan momen pada kaki *jack-up*. Pada kondisi ini berat *platform* dan fasilitasnya sangat berperan penting.
- Sebagai akibat dari rotasi kaki *jack-up* dengan geladak dapat mengakibatkan timbulnya momen dan beban geser.

3. Fase Operasi

Fase operasi ialah fase dimana *jack-up* melakukan fungsinya. Kriteria terpenting pada fase operasi ialah besarnya momen pengembali yang dimiliki *jack-up*. *Jack-up* dituntut mempunyai momen pengembali yang lebih besar dari momen guling akibat pengaruh kondisi lingkungan. Besarnya perbandingan antara momen pengembali yang dimiliki oleh *jack-up* dengan momen guling maksimal yang diakibatkan oleh lingkungan tidak boleh kurang dari 1,3.

$$\frac{\text{momen_pengembali}}{\text{momen_guling_maksimal}} \geq 1.3 \quad (2.1)$$

Besarnya momen guling yang timbul selain ditentukan oleh beban lingkungan juga ditentukan oleh konstruksi *jack-up* terutama diameter kaki, koefisien *drag* (C_d) dan koefisien *inersia* (C_m) serta besarnya beban angin.

Besarnya momen pengembali yang dimiliki oleh *jack-up* akan sangat tergantung pada besarnya beban fungsional dan posisi titik berat beban tersebut terhadap sumbu putarnya. Disamping itu jarak antar kaki disini akan menentukan besarnya lengan momen pengembali *jack-up*. Besarnya beban fungsional yang harus dimiliki oleh *jack-up* akan menentukan ukuran *platform*. Hal ini



berhubungan dengan kebutuhan luas geladak dan kapasitas muat yang tersedia. Disisi lain ukuran *platform* juga ditentukan oleh posisi dimana kaki *jack-up* dirancang.

Untuk dapat menilai kestabilan konfigurasi, disini dipakai sebagai acuan adalah faktor keselamatan yang merupakan perbandingan antara momen pengembali struktur dengan momen guling beban lingkungan. Dimana momen pengembali struktur dapat dihitung dengan rumus :

$$M_s = (M_{so} - n * e_0 * P_i) * \left[1 - \frac{P_i}{P_e} \right] \quad (2.2)$$

dimana :

$$M_{so} = G * b \quad (2.3)$$

$$e_0 = 0,003 * L \quad (2.4)$$

Disini:

M_s = momen pengembali struktur (Nm)

G = berat fungsional (N)

b = jarak antara titik berat ke sumbu putar (m)

n = jumlah kaki

P_i = beban aksial terkecil pada kaki (N)

P_e = beban kritis Euler untuk silinder (N)

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \quad (2.5)$$

e_0 = eksentrisitas tumpuan (m)

Dapat dilihat bahwa *eksentrisitas* pada kaki *jack-up* berpengaruh pada momen pengembali struktur, dan itu jelas berpengaruh pada kekuatan struktur *jack-up* itu sendiri.



2.2.1.1 Konstruksi Kaki *Jack-up*

Jumlah kaki *jack-up platform* bervariasi dari 3 buah hingga 8 buah. Perancangan *jack-up* modern cenderung mengurangi jumlah kaki menjadi 3 atau 4 buah. Pengurangan jumlah kaki *jack-up* berarti pengurangan berat total struktur dan menurunkan beban hidrodinamis. Secara umum orang cenderung memilih *jack-up* 3 kaki daripada 4 kaki (lihat gambar 2.9.)(Murdjito, 1997).

Selain jumlah kaki, bentuk kaki juga sangat diperhatikan dalam perancangan struktur *jack-up platform*. Ada dua jenis bentuk kaki *jack-up*, yaitu:

1. Konstruksi Kaki Tertutup (*Closed Type*)

Konstruksi kaki tertutup berbentuk silinder pipa atau berbentuk kubus dengan lubang-lubang pen sepanjang kedua sisinya untuk fasilitas *jacking*. Kebanyakan *jack-up* dengan konstruksi kaki tertutup digunakan untuk operasi di daerah perairan dangkal dengan kondisi laut yang tenang, sehingga sebagian besar beban lingkungan berupa beban hidrodinamis disamping beban angin. Jika daerah operasi semakin dalam, maka diameter kaki, berat konstruksi serta beban hidrodinamis akan menjadi semakin besar sehingga akan semakin besar pula biaya yang akan ditanggung.

2. Konstruksi Kaki Cangkang (*Truss Type*)

Semua konstruksi kaki *jack-up* modern sekarang berbentuk kaki cangkang. Ada dua tipe konstruksi kaki cangkang (*bay type*), yakni tipe 3 *chord* (3-*chordsbay type*) dan tipe 4 *chord* (4-*chordsbay type*). Untuk tipe 3 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segitiga dengan *chord* diujung-ujungnya dihubungkan oleh penegar (*bracing*). Sedang untuk tipe 4 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segi empat. Konstruksi kaki cangkang menjadikan



beban hidrodinamis yang bekerja lebih rendah dibanding dengan konstruksi tertutup (Murdjito, 1997).

2.2.1.2 Kriteria Perancangan Bentuk Kaki *Jack-up*

Kriteria dalam perancangan konstruksi kaki *jack-up* dengan tipe cangkang meliputi:

1. Jarak Antar Kaki

Jarak antar kaki akan menentukan stabilitas struktur dalam menahan beban momen.

2. Jarak Antar *Chord*

Selain menentukan kekakuan kaki juga menentukan berat kaki. Jarak antar *chord* akan menentukan momen inersia, berarti juga akan menentukan kemampuan struktur dalam menahan beban momen dan gaya geser.

3. Tipe *Chord*

Bentuk dan ukuran *chord* sangat menentukan kekuatan kaki *jack-up* dengan konstruksi cangkang terhadap pengaruh beban. Bentuk dan ukuran kaki *jack-up* ditentukan oleh:

- a. Kekakuan dan kekuatan kaki secara global.
- b. Posisi dan konstruksi dari *rack* dan *pinion* pada *system jacking*.
- c. Hubungan antara kaki dengan permukaan sepatu tumpu (*spud can*).
- d. Tegangan antara kaki dengan sepatu tumpu.
- e. Tegangan ijin untuk sambungan antara *chord* dengan penegar (*bracing*).

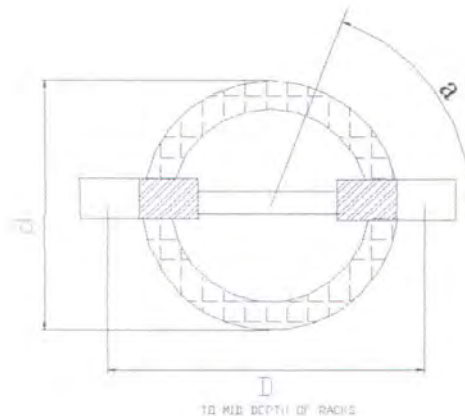


Ada dua kelompok besar konstruksi *chord*, yaitu:

a) *MSC-Chord*

Termasuk dalam *MSC-chord* adalah *chord* tipe *Firde Goldman* dan *Modec*. *Chord* tipe ini berbentuk silinder yang dibentuk dari dua pasang setengah lingkaran silinder baja dengan konstruksi dua sisi *rack* berada ditengah-tengah silinder. *Chord* tipe ini sering digunakan pada konstruksi kaki 3 *chord*.

MSC/FRIDE Goldman - Chord

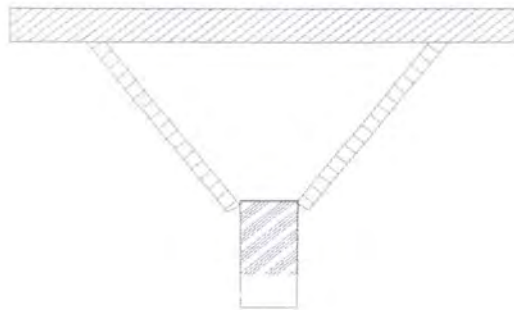


Gambar 2.1. Konstruksi Chord Tipe MSC/FRIDE Goldman-Chord

b) *Marathon-chord*

Termasuk dalam kelompok *Marathon chord* ialah *Gusto-chord* dan *MLMC-chord*. *Chord* jenis ini berbentuk segitiga dengan satu sisi *rack*. *Chord* tipe ini banyak terlihat untuk konstruksi kaki 4 *chord*.

Marathon Gusto - Chord



Gambar 2.2. Konstruksi Chord Tipe Gusto Chord

4. Bentuk Penampang Kaki *Jack-up*

Untuk konstruksi kaki cangkang ada dua tipe yang dikenal, yaitu tipe 3 *chord* (3-chordsbay type) dan tipe 4 *chord* (4-chordsbay type). Untuk tipe 3 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segitiga dengan *chord* ujung-ujungnya yang dihubungkan oleh penegar (*bracing*). Sedang untuk tipe 4 *chord*, penampang kaki akan berbentuk segi empat.

5. Tipe *Bracing*

Untuk kaki dengan konstruksi cangkang ada tiga jenis sistem *bracing* yang biasa digunakan, yaitu tipe *Z-bracing*, *K-bracing* dan *X-bracing*. Dari ketiga tipe *bracing* diatas tipe *K-bracing* dan *X-bracing* yang paling banyak digunakan untuk konstruksi cangkang kaki *jack-up* di perairan dalam (lihat gambar 1.2)(Murdjito, 1997).

2.2.1.3 Konstruksi Sepatu Tumpu Dan Sistem Jacking

Untuk sistem *jacking* secara umum melibatkan 4 elemen penting konstruksi *jack-up*, yaitu:

1. Pelindung tekanan bagian atas (*upper guide*)



2. Sistem *jacking* (*Jacking system*)
3. Sistem pengikat (*Fixation system*)
4. Pelindung tekanan bagian bawah (*lower guide*)

Sistem *jacking* merupakan konstruksi vital pada struktur *jack-up*. Sistem *jacking* berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan kaki, melakukan pembebanan awal dan untuk menaikkan serta menurunkan geladak. Untuk *jack-up* yang modern, sistem *jacking*nya menggunakan *rack* dan *pinion*. Sistem *jacking* ini efektif dalam mentransformasikan beban dari kaki ke geladak serta memudahkan dan mempercepat pelaksanaan kegiatan.

Dilihat dari konstruksinya, sistem *rack-pinion* dapat dikelompokkan dalam dua cara, yakni:

- a. *Rack-pinion* sistem ganda (*Opposed rack-pinion elevating system*)

Sistem *pinions* ini diletakkan pada dua sisi pada elemen utama (*chord*) dan kaki *jack-up*.

- b. *Rack-pinion* sistem tunggal (*Unopposed rack-pinion elevating system*)

Pinions hanya dipasang pada satu sisi setiap elemen utama kaki (*chord*) kaki *jack-up*.

Didalam pemodelan struktur sambungan antara kaki dengan geladak akan sangat ditentukan oleh pemilihan tipe sistem *jacking*. Hal ini dikarenakan pemilihan ini akan menentukan karakteristik respon pada sambungan diatas, yang berarti karakteristik dari seluruh sistem .

Dilihat dari sistem penggerak yang mendukung sistem *jacking*, ada beberapa jenis sistem yang ada dilapangan, yakni: sistem hidrolis, sistem elektrik, sistem *jacking* kecepatan tinggi, *positive engagement jacking system*, dll. Dari



beberapa sistem penggerak *jacking* diatas, hanyalah sistem hidrolis dan elektrik yang paling populer pada konstruksi *jack-up* terutama untuk *jack-up* ukuran besar. Jumlah daripada *pinions* untuk satu unit *jack-up* sangat bervariasi, dari 12 buah hingga 72 buah *pinions*.

2.2.1.4 Sistem Pengikat

Sistem pengikat dipasang pada tengah-tengah sambungan antara geladak dan kaki *jack-up*. Fungsi dari pengikat adalah menggantikan fungsi *jacking* pada waktu transportasi dan operasi. Disamping itu sistem pengikat juga berperan mengurangi gerakan *jack-up* terutama pada daerah sambungan tersebut, terhadap beban yang ada secara umum fungsi pengikat adalah sebagai berikut (Murdjito, 1997):

1. Menciptakan suatu kondisi sambungan yang mati antara kaki dengan geladak pada waktu transportasi dan operasi.
2. Mentransfer beban momen lentur dari kaki ke geladak dalam bentuk tegangan vertikal dan gaya tekan pada elemen utama.

2.2.1.5 Prosedur Perancangan Struktur *Jack-up*

Secara garis besar prosedur perancangan struktur *jack up platform* adalah sebagai berikut (Murdjito, 1997):

1. Analisa kondisi lingkungan.

Kondisi lingkungan tempat beroperasinya *jack up platform* meliputi gelombang laut, arus laut, angin, kondisi tanah pondasi dan lain-lain. Lingkungan tersebut berpengaruh sangat besar pada beban lingkungan yang bekerja pada struktur *jack-up*. Untuk lokasi operasi di perairan



dalam, beban hidrodinamis mengambil peranan penting pada total beban yang bekerja pada struktur.

2. Menentukan beban fungsional.

Besarnya beban fungsional sangat ditentukan oleh berat struktur beserta fasilitasnya dan daya muat (*payload*).

3. Informasi geologi.

Informasi geologi berisi informasi tentang sifat-sifat dan struktur mekanis tanah dasar laut dimana *jack-up* akan dioperasikan. Informasi ini sangat penting untuk menentukan pemodelan pondasi. Oleh karena masih sulitnya untuk mendapatkan data geologi yang lengkap pada daerah operasi lebih dari satu lokasi, maka informasi geologi ini sering hanya didasarkan pada data statistik dan asumsi.

4. Perhitungan beban eksternal

Beban eksternal yang paling dominan untuk *jack-up* didaerah operasi laut dalam adalah beban hidrodinamis. Besarnya beban hidrodinamis akan sangat tergantung pada penentuan teori gelombang, penentuan beban gelombang serta transformasi parameter hidrodinamika ke beban hidrodinamis pada struktur.

5. Analisa model struktur.

Hal ini meliputi analisa respons struktur terhadap beban yang bekerja dan analisa terhadap stabilitas *jack-up* dari pengaruh beban lingkungan pada fase operasional.

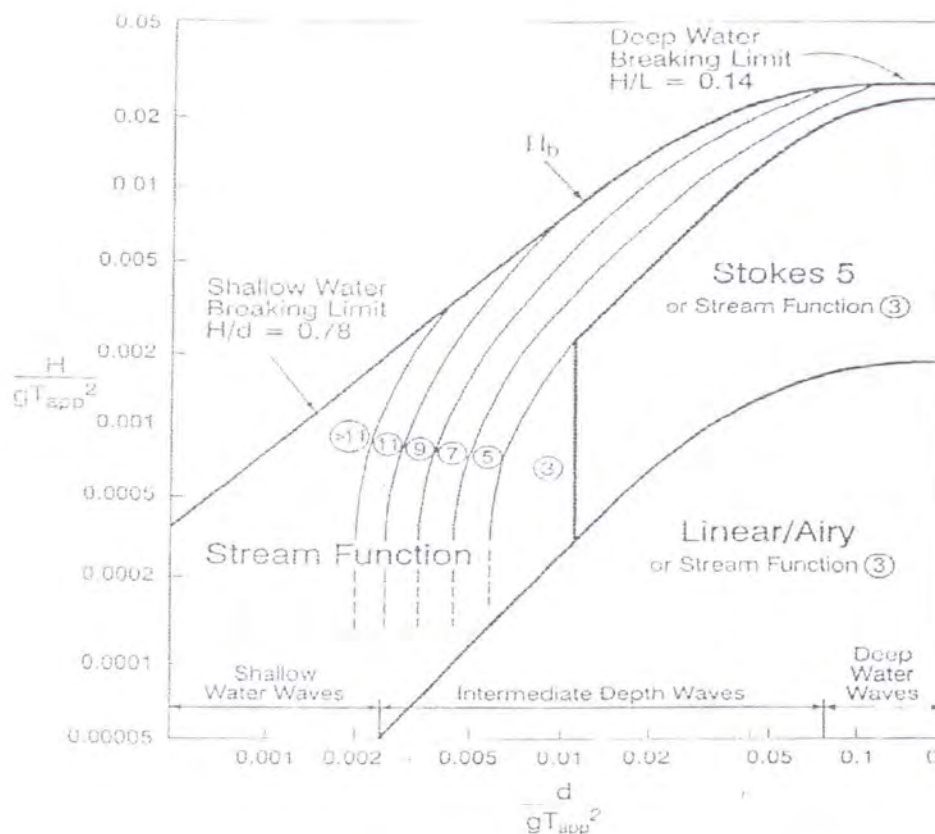


6. Evaluasi

Hasil dari analisa diatas akan dievaluasi dan disesuaikan dengan menggunakan kriteria perancangan yang ada untuk menentukan kelayakan hasil perancangan. Kriteria perancangan struktur *jack-up* ini pada umumnya telah didefinisikan oleh Biro Klasifikasi seperti DnV, API, ABS, LR dan lain sebagainya dalam bentuk *rules*.

2.2.2 Teori Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang, maka teori gelombang yang digunakan disesuaikan dengan grafik *validitas* teori gelombang berdasarkan parameter H/gT^2 dan d/gT^2 (Chakrabarti, 1987) seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.3. Grafik Region of Validity (API RP 2A, 1994)



Teori gelombang yang sering dipakai dalam analisa struktur *jack-up* ialah teori gelombang *linier airy* dan teori gelombang *non-linier stokes orde 5*. Untuk tinggi gelombang H , angka gelombang k , dan frekuensi f , mengacu pada arah x positif, defleksi bebas air permukaan η dari *still water level*, menurut teori *stokes order 5* dideskripsikan oleh persamaan 2.6 sebagai berikut (Dawson T.H, 1983):

$$\eta = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^5 F_n \cos n(kx - \omega t) \quad (2.6)$$

dimana F_1, F_2, F_3, F_4 dan F_5 didapat dari

$$F_1 = a$$

$$F_2 = a^2 F_{22} + a^4 F_{24}$$

$$F_3 = a^3 F_{33} + a^5 F_{35}$$

$$F_4 = a^4 F_{44}$$

$$F_5 = a^5 F_{55}$$

Dengan F_{22}, F_{24} , dll, menyatakan parameter profil gelombang yang berdasarkan pada nilai kd dan a yang menyatakan parameter tinggi gelombang melalui persamaan 2.7 sebagai berikut (Dawson T.H, 1983):

$$kH = 2 \left[a + a^3 F_{33} + a^5 (F_{35} + F_{55}) \right] \quad (2.7)$$

Kecepatan perambatan partikel air menurut teori gelombang *Stokes orde 5* ialah (Dawson, 1983):

▣ Kecepatan partikel

$$u = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\cosh nky}{\sinh nkh} \cos n(kx - \omega t) \quad (2.8)$$

▣ Percepatan partikel



$$a = \frac{kc^2}{2} \sum_{n=1}^5 R_n \sin n(kx - \omega t) \quad (2.9)$$

Dimana:

$$G_1 = aG_{11} + a^3G_{13} + a^5G_{15}$$

$$G_2 = 2(a^2G_{22} + a^4G_{24})$$

$$G_3 = 3(a^3G_{33} + a^5G_{35})$$

$$G_4 = 4a^4G_{44}$$

$$G_5 = 5a^5G_{55}$$

Dengan G_{11} , G_{13} , dll menyatakan parameter kecepatan gelombang berdasarkan pada nilai kh . Parameter F_{22} , F_{24} , G_{11} dll didapatkan dari Skjelbreia dan Hendrickson seperti ditunjukkan pada table 2.1.

Table 2.1. Nilai parameter profil gelombang

d/λ	F22	F24	F33	F35	F44	F55
0.10	3.892	-28.61	13.09	-138.6	44.99	163.8
0.15	1.539	1.344	2.381	6.935	4.147	7.935
0.20	0.927	1.398	0.996	3.679	1.259	1.734
0.25	0.699	1.064	0.630	2.244	0.676	0.797
0.30	0.599	0.893	0.495	1.685	0.484	0.525
0.35	0.551	0.804	0.435	1.438	0.407	0.420
0.40	0.527	0.759	0.410	1.330	0.371	0.373
0.50	0.507	0.722	0.384	1.230	0.344	0.339
0.60	0.502	0.712	0.377	1.205	0.337	0.329

Sumber: Skjelbreia and Hendrickson (1961)



Tabel 2.2. Nilai parameter kecepatan

d/λ	G11	G13	G15	G22	G24	G33	G35	G44	G55
0.10	1.000	-7.394	-12.73	2.996	-48.14	5.942	-121.7	7.671	0.892
0.15	1.000	-2.320	-4.864	0.860	-0.907	0.310	2.843	-0.167	-0.257
0.20	1.000	-1.263	-2.266	0.326	0.680	-0.017	1.093	-0.044	0.006
0.25	1.000	-0.911	-1.415	0.154	0.673	-0.030	0.440	-0.005	0.005
0.30	1.000	-0.765	-1.077	0.076	0.601	-0.020	0.231	0.002	0.001
0.35	1.000	-0.696	-0.925	0.038	0.556	-0.012	0.152	0.002	0.000
0.40	1.000	-0.662	-0.850	0.020	0.528	-0.006	0.117	0.001	0.000
0.50	1.000	-0.635	-0.790	0.006	0.503	-0.002	0.092	0.000	0.000
0.60	1.000	-0.628	-0.777	0.002	0.502	-0.001	0.086	0.000	0.000

Sumber: Sjelbreia and Hendrickson (1961)

Percepatan patikel air dapat dicari dengan menggunakan rumus (Dawson T.H, 1983):

$$a_x = \frac{kc^2}{2} \sum_{n=1}^5 Rn \cdot \sin n(kx - \omega t) \quad (2.10)$$

$$a_z = \frac{-kc^2}{2} \sum_{n=1}^5 Sn \cdot \cos n(kx - \omega t) \quad (2.11)$$

dimana koefisien Rn dan Sn adalah sebagai berikut:

$$R_1 = 2U_1 - U_1U_2 - V_1V_2 - U_2U_3 - V_2V_3$$

$$R_2 = 4U_2 - U_1^2 + V_1^2 - 2U_1U_3 - 2V_1V_3$$

$$R_3 = 6U_3 - 3U_1U_2 + 3V_1V_2 - 3U_1U_4 - 3V_1V_4$$

$$R_4 = 8U_4 - 2U_2^2 + 2V_2^2 - 4U_1U_3 + 4V_1V_3$$

$$R_5 = 10U_5 - 2U_1U_4 - 5U_2U_3 + 5V_1V_4 + 5V_2V_3$$

$$S_0 = -2U_1V_1$$

$$S_1 = 2V_1 - 3U_1V_2 - 3U_2V_1 - 5U_2V_3 - 5U_3V_2$$



$$S_2 = 4V_2 - 4U_1V_3 - 4U_3V_1$$

$$S_3 = 6V_3 - U_1V_2 + U_2V_1 - 5U_1V_4 - 5U_4V_1$$

$$S_4 = 8V_4 - 2U_1V_3 + 2U_3V_1 + 4U_2V_2$$

$$S_5 = 10V_5 - 3U_1V_4 + 3U_4V_1 - U_2V_3 + U_3V_2$$

Dimana :

$$U_n = G_n \frac{\cosh nky}{\sinh nkh} \quad (2.12)$$

$$V_n = G_n \frac{\sinh nky}{\sinh nkh} \quad (2.13)$$

c adalah kecepatan rambat gelombang dengan formulasi:

$$c = \left[\frac{g}{k} (1 + a^2 C_1 + a^4 C_2) \tanh kh \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

C1 dan C2 adalah parameter frekuensi gelombang yang didapatkan dari table 2.3.

Table 2.3. Parameter frekuensi gelombang

d/λ	C1	C2
0.10	8.791	383.7
0.15	2.646	19.82
0.20	1.549	5.044
0.25	1.229	2.568
0.30	1.107	1.833
0.35	1.055	1.532
0.40	1.027	1.393
0.50	1.008	1.283
0.60	1.002	1.240

Sumber: Skjelbreia and Hendrickson (1961)



2.2.3 Teori Pembebanan

Pada suatu proses perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut (Soedjono, J.J., 1999):

1. Beban mati (*Dead Loads*)
2. Beban hidup (*Live Lads*)
3. Beban akibat kecelakaan (*Accidental Loads*)
4. Beban lingkungan (*environmental Loads*)

2.2.3.1 Beban mati (*dead loads*)

Beban mati (*dead load*) adalah beban dari komponen-komponen kering serta beban-beban dari peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu bangunan lepas pantai. Adapun beban mati tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Berat dari struktur bangunan lepas pantai, seperti tiang pancang, bangunan atas, *jacket, deck, railing, grout, paint, stiffners* dan lain-lain.
- b. Berat peralatan dan permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.
- c. Berat perlengkapan tambahan lain yang dipasang permanen pada struktur, seperti *boad landing, risers, barge bumper*.



2.2.3.2 Beban hidup (*live loads*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/ berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Adapun yang termasuk beban hidup (*live loads*) dapat digolongkan sebagai berikut:

- a. Berat peralatan pengeboran (*drilling*)
- b. Berat peralatan produksi atau *treatment*
- c. Berat pendukung pengeboran
- d. Berat pendukung *treatment*
- e. Beban pengeboran
- f. Beban akibat gaya-gaya yang terjadi pada struktur dari operasi

2.2.3.3 Beban akibat kecelakaan (*accidental loads*)

Beban kecelakaan (*accidental loads*) merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai. Beban kecelakaan ini terjadi akibat dari:

- a. Tabrakan dengan kapal pemandu operasi
- b. Putusnya tali katrol (*crane*)
- c. Putusnya tali tambat (rantai jangkar, tali baja pengikat katrol)
- d. Kebakaran, letusan, *blow out*
- e. Benda yang jatuh mengenai deck, dan lain-lain

2.2.3.4 Beban lingkungan (*environmental loads*)

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah:



1. Beban gelombang
2. Beban angin
3. Beban arus

1. Beban Gelombang

Beban gelombang merupakan beban lingkungan yang paling dominan dan bekerja secara kontinyu selama periode kerja dari bangunan lepas pantai tersebut. Pada dasarnya karakteristik dari suatu gelombang laut menunjukkan sifat-sifat sebagai gelombang acak (*random*). Untuk dapat memahami karakteristik gelombang laut yang bersifat *random* tersebut, sering digunakan analisa pendekatan matematis dengan jalan menggabungkan gelombang-gelombang *reguler* dengan cara menganalisa *spektra* gelombang laut.

Gaya gelombang yang bekerja pada silinder tegak merupakan penjumlahan langsung dari gaya *inersia* dan gaya *drag*. Sedangkan gaya *inersia* merupakan penjumlahan antara gaya *Froude-Krylov* dengan gaya yang disebabkan oleh massa tambah. Dalam perhitungan gaya gelombang bangunan lepas pantai maka persamaan Morrison sering dipakai (Chakrabarti, 1987), yaitu:

$$F = F_D + F_I \quad (2.15)$$

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D D u |u| + \rho C_I \frac{\pi D^2}{4} a_x \quad (2.16)$$

Dimana :

F = Gaya gelombang yang bekerja pada struktur per satuan panjang.

C_D = Koefisien drag.

C_I = Koefisien inersia ($C_I = 1 + C_M$)

C_M = Koefisien massa tambah



ρ = Massa jenis air laut (kg/m)

D = Diameter silinden (m)

A = Luasan penampang (m²)

U = Kecepatan horisontal partikel fluida (m/dt)

a_x = Percepatan horisontal partikel fluida (m/dt²)

Asumsi yang digunakan dalam persamaan:

- Refleksi* dan *defraksi* gelombang diabaikan. Untuk *validitas* ditentukan dengan perhitungan gaya gelombang, sehingga diperlukan persyaratan $D < 0.2\lambda$. Dimana D adalah dimensi struktur pada sudut arah gelombang dan λ adalah panjang gelombang.
- Interfensi diantara struktur member diabaikan, seperti gaya yang terjadi pada seluruh struktur dihitung dengan jelas ditambahkan pada gaya yang terjadi di setiap elemen struktur.
- Pengaruh gaya *Froude-Krylov* diabaikan sedang gaya inersia dan gaya *drag* diasumsikan linier.



Koefisien Hidrodinamis

Penelitian yang luas telah dilakukan untuk mendapatkan harga koefisien hidrodinamis, baik dilakukan di laboratorium maupun langsung di lapangan. Hasil penelitian yang didapatkanpun beragam. Ketidakseragaman hasil penelitian tersebut disebabkan oleh banyak faktor, antara lain jumlah dan arah gelombang, perbedaan teori gelombang yang digunakan, efek *free-surface*, kekasaran akibat *marine growth*, arus, formasi *vortex* dan lain sebagainya. Salah satu pionir dalam penelitian nilai koefisien hidrodinamis tersebut adalah Keulegan dan Carpenter.



Desainer harus dapat menerapkan nilai koefisien hidrodinamis sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Beberapa perusahaan mempunyai cara tersendiri dalam menentukan koefisien hidrodinamis. Salah satunya yaitu yang direkomendasikan oleh Agerschou dan Edens (1965) untuk Stokes orde 5 yaitu C_D antara 0.8-1.0 dan C_M 0.2.

2.2.4 Teori Pemodelan Struktur

2.2.4.1 Pemodelan Secara Umum

Model suatu struktur merupakan kunci utama dalam suatu analisa, tanpa adanya model tidak akan terjadi proses suatu analisa. Model bisa berupa fisik, matematis, dan grafik. Model dapat digunakan untuk menerangkan desain atau rancangan. Model harus mampu mendemonstrasikan *suitability*, *workability* dan *constructability* dari konsep. Model dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu *display model* dan *engineering model*. Dalam tugas akhir ini akan menggunakan model matematis sebagai dasar analisa. Model matematis merupakan suatu model yang dapat mendeskripsikan dimensi dan karakteristik dari *prototipe* kedalam formulasi matematis.

Model harus bisa memenuhi prinsip kesamaan yang mencakup (Chakrabarti S.K.,1994):

1. Kesamaan Geometrik

Kesamaan geometrik dapat dipenuhi apabila model dan *protipe* memiliki kesamaan geometrik baik ukuran maupun bentuk. Ada dua macam prinsip kesamaan geometrik:

- Kesamaan geometrik sempurna (*Undistorted*)
- Kesamaan geometrik terdistorsi (*distorted*)



Pada *undistorted model*, skala panjang dan lebar (horisontal) serta skala tinggi (vertikal) adalah sama. Untuk *distorted model*, skala ke arah horisontal dan ke arah vertikal tidak sama. Apabila dimungkinkan model dibuat dengan tanpa distorsi, sedangkan pada permasalahan khusus model dapat dilakukan dengan distorsi namun harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu.

2. Kesamaan kinematis

Sebangun kinematik terjadi antara *prototype* dan model, jika *prototype* dan model sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan di dua titik yang bersangkutan pada *prototype* dan model pada arah yang sama adalah sama besar

3. Kesamaan dinamis

Jika *prototype* dan model sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan *prototype* untuk seluruh aliran pada arah yang sama adalah sama besar, maka dapat dikatakan bahwa keduanya sebangun dinamik.

2.2.4.2 Pemodelan Struktur *Jack-up*

Didalam pemodelan struktur *jack up platform* yang tepat akan sangat menentukan ketepatan hasil analisa, baik untuk analisa matematis maupun test hidrodinamis model skala dikolam tes. Untuk mendapatkan model matematis yang *representatif*, maka model matematis struktur *jack up platform* harus memenuhi kiteria model yang meliputi (Murdjito,1997):

- a. Model harus mampu memberikan hasil respon yang andal sehubungan dengan parameter-parameter perancangan, seperti perpindahan *horizontal* geladak, kelenturan kaki *jack up* dan lain-lain.



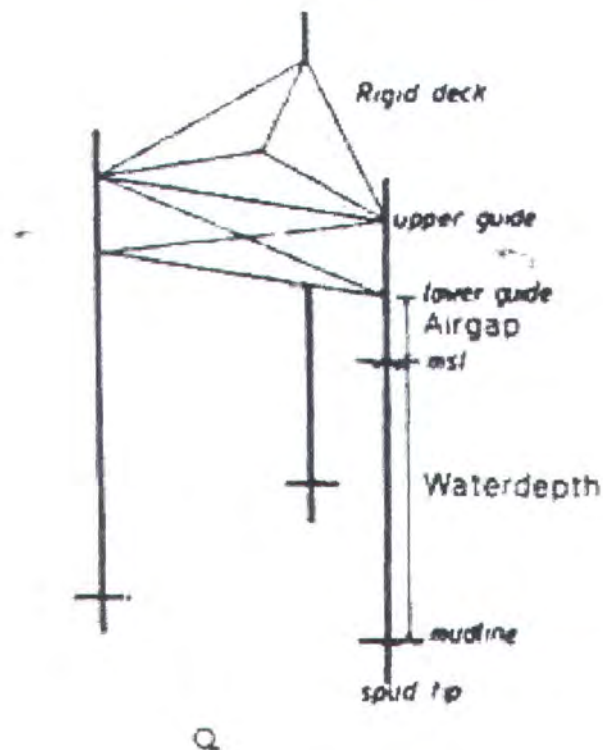
- b. Model harus mampu memberikan gambaran yang jelas tentang peranan parameter-parameter perancangannya, baik untuk sistem yang linier maupun sistem yang tidak linier.
- c. Model harus fleksibel terhadap berbagai jenis metode analisis.

Pemodelan matematis *jack-up* sendiri ada dua macam cara pemodelan, yang pertama pemodelan dengan menggunakan *stick model* untuk keperluan analisa global struktur *jack up* yang kemudian baru menggunakan *detailed model* untuk melihat respons detail struktur dalam hal ini adalah *chords* dan *bracing*.

A. *Stick Model*

Stick model merupakan pemodelan yang lebih sederhana dari suatu struktur. Struktur dimodelkan sebagai batang satu dimensi yang ekuivalen dengan *detailed model* dengan derajat kebebasan yang disesuaikan. Dari *stick model* ini kita dapat mengetahui respons struktur secara global. Karena analisa yang akan dilakukan adalah analisa statis, maka untuk *stick model* ini kita juga menggunakan metode elemen hingga.

Pada penelitian kali ini penggunaan *stick model* ditujukan untuk mempermudah analisa dari suatu *stick model* yang terkena pengaruh *eksentrisitas*. Pemodelan dari *stick model* pada penelitian kali ini akan dikenakan pengaruh *eksentrisitas* yang diakibatkan oleh penyudutan sebesar antara 1 sampai dengan 6 derajat.

Gambar 2.4. *Stick model* struktur jack-up

Properti fisik dari *stick model* yang ekuivalen dengan *detailed model* menurut standar DnV meliputi (DnV, 1984):

1. *Equivalent stiffness* kaki jack-up

a. *Equivalent bending stiffness*

Gaya *bending* pada kaki jack-up, hanya terkena pada *chords*, dan *equivalent bending stiffness* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$I_{eq} = 3I_c + \frac{1}{2} A_c l^2 \quad (2.24)$$

Dimana :

A_c = Luas penampang satu *chord*

I_c = Momen inersia satu *chord*

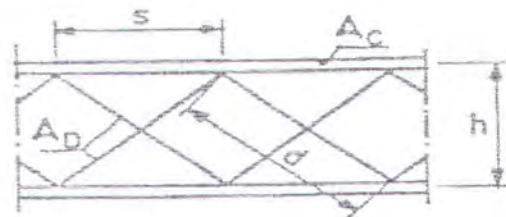
l = Jarak aktual antara pusat *chords*

b. Equivalent shear stiffness

Metode yang digunakan untuk estimasi awal dari *equivalent shear stiffness* kaki *jack up* asumsikan bahwa gaya geser pada kaki *jack up* sama seperti gaya aksial pada *braces*. Sehingga *equivalent shear stiffness* tiap bay ditentukan dengan rumus sesuai dengan bentuk *bracing*nya, sebagai berikut:

1. Sesuai dengan gambar 2.3, luasan ekuivalen untuk X *bracing system*:

$$A_q = \frac{(1 + \nu)sh^2}{\frac{d^3}{4A_D} + \frac{s^3}{12A_C}} \quad (2.25)$$



Gambar 2.5. Luasan Ekuivalen untuk X *bracing system*

(Murdjito, 1997)

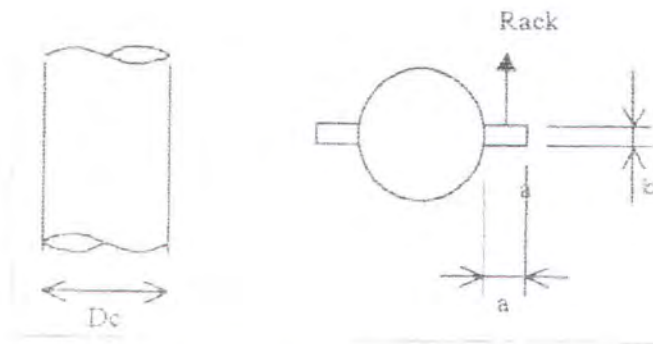
2. Equivalent diameter dan drag coefficients

a. Equivalent diameter

Diameter ekuivalen dapat dicari dari kondisi dimana gaya *Froude-Krilov* dari *detailed model* dan *stick model* adalah sama. Sehingga luas penampang total (*chord*, *diagonal braces*, *horizontal brace*) per tinggi tiap bay dan *equivalent diameter* dapat dicari.



⊙ Untuk *Chord*



Gambar 2.6 Proyeksi chord (DnV, 1984).

Luasan terproyeksi berdasarkan gambar 2.6 untuk *Chord* dan *Rack* adalah:

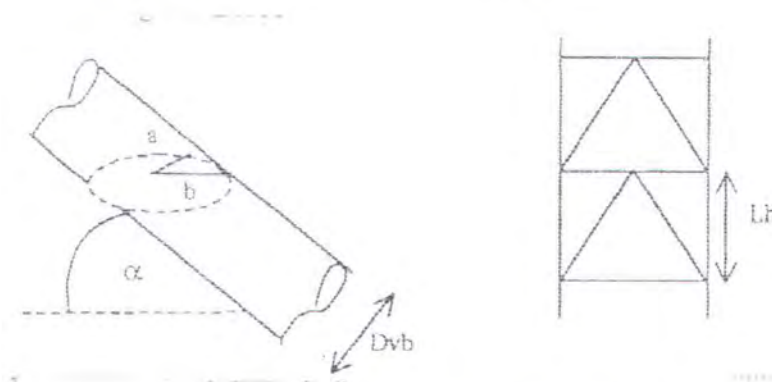
$$A_c = \pi \frac{D_c^2}{4} 2.a.b \quad (2.27)$$

⊙ Untuk *Diagonal Brace*

Luasan terproyeksi berdasarkan gambar 2.6 untuk *diagonal brace*:

$$b = \frac{Dvb}{2}, \quad a = \frac{b}{\sin \alpha}$$

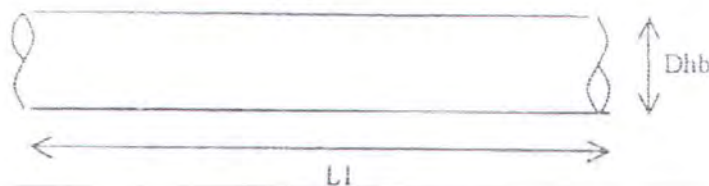
$$A_{vb} = \pi . a . b \quad (2.28)$$



Gambar 2.7. Proyeksi diagonal brace (DnV, 1984)



- Untuk *Horizontal brace*



Gambar 2.8. Proyeksi horisontal brace (DnV, 1984).

Luasan terproyeksi berdasarkan gambar 2.7 untuk *horizontal brace* adalah:

$$A_{hb} = \frac{D_b^2}{4} \cdot \frac{L_1}{L_h} \quad (2.29)$$

Luasan Total kaki per unit panjang:

$$A_T = 3A_c + 12A_{vb} \quad \text{Untuk X bracing} \quad (2.30)$$

$$A_T = 3A_c + 6A_{vb} + 3A_{hb} \quad \text{Untuk N bracing} \quad (2.31)$$

Sehingga *diameter equivalent* didapat :

$$D_{eq} = \sqrt{\left(\frac{4A_T}{\pi} \right)} \quad (2.32)$$

Dimana :

A_T = Luas penampang total dari *chords*, *diagonal braces* dan *horizontal braces per unit length leg*.

b. *Equivalent drag coefficient*

Untuk mendapatkan *equivalent drag coefficient* tiap bay dari kaki *jack up* analisa perhitungannya dilakukan dengan asumsi bahwa arus yang mengenai struktur adalah konstan. Arus ini digunakan pada arah beban gelombang yang diasumsikan. Sebelum menghitung CD *ekuivalen*, kita



harus menghitung *CD chord* dan *bracing*. Karena besarnya *rack, cords* harus diasumsikan sebagai pelat untuk arah arus transversal. Besarnya *CD* untuk pelat pada aliran *steady* adalah 2.0.

Sehingga, *CD* untuk *chord* dengan arah *Z*, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CD_Z = 2.0 \frac{B}{D_c} \quad (2.33)$$

Dimana :

B = lebar *chord* dengan *rack*nya

D_c = diameter *chord*

Untuk arah antara arah *axis*, *CD* dicari dari mengasumsikan variasi *sinusoidal* antara nilai CD_Y dan CD_Z dimana nilai CD_Y sebesar 0,8 atau dengan menggunakan rumus:

$$CD(\alpha) = 0,8 + (2,0 \frac{B}{D_c} - 0,8) \sin^2 \alpha \quad (2.34)$$

Dengan menggunakan CD_Z tiap *chord* dengan kecepatan arus $V = 1.0$ m/s, maka gaya *drag* untuk 1 *bay* dapat dihitung. Dan gaya reaksi arah *X* (F_x) dan *Y* (F_y) dihitung resultan gayanya (F_R). Resultan gaya ini akan digunakan untuk mencari *CD ekuivalen* dengan menggunakan rumus gaya *drag* per unit panjang sebagai berikut :

$$F_R / l_n = 0.5 \cdot \rho_w \cdot CD_{eq} \cdot D_{eq} \cdot V_c^2 \quad (2.35)$$

Dimana :

F_R = resultan gaya dari arus

l_n = tinggi 1 *bay*



ρ_w = densitas dari air asin, $1.025 \text{ kNs}^2/\text{m}^4$

D_{eq} = diameter ekuivalen

V_c = kecepatan arus, disini 1.0 m/s

Sehingga:

$$C_{Deq} = \frac{F_R / Ln}{0,5 \rho_w Deq V_c^2} \quad (2.36)$$

B. Detailed Model

Detailed model ini merupakan pemodelan struktur *jack-up* sebagai bentuk 3 dimensi yang terdiri dari sistem *chord* dan *brace*. Untuk analisa struktur dengan menggunakan *detailed model*, kita menggunakan *Finite Element Method (FEM)*, dimana struktur dimodelkan secara detail sebagai rangka 3 dimensi. Bentuk fisik model struktur dijadikan sebagai suatu sistem linier yang kontinyu dengan jalan membagi bentuk fisik struktur menjadi kelompok elemen-elemen yang kecil. Elemen-elemen kecil ini dihubungkan dengan simpul-simpul (*nodes*) sehingga menjadi suatu sistem yang kontinyu.

Adapun parameter perancangan yang digunakan dalam pembuatan *detailed model* adalah sebagai berikut :

- Rasio kerampingan/*Slenderness ratio*

$$\text{Slenderness ratio} = \frac{kL}{r} \quad (2.37)$$

Dimana : k = *buckling length factor*

L = panjang elemen

r = jari-jari girasi = $0,35 D$



➤ *Diameter to wall thickness ratio (D/t)* (2.38)

Karakteristik kedua yang penting adalah kestabilan penampang sebuah rangka *tubular* yang dinyatakan dalam *ratio* diameter dan tebal dinding (D/t) yang juga menunjukkan kestabilan terhadap *local buckling/hydrostatic collapse*.

Besarnya harga D/t berkisar antara 19-90, bila harga D/t mendekati 70, maka harus dilakukan pemeriksaan *local buckling*. Dalam melakukan proses perancangan hal yang menjadi pertimbangan utama adalah kekuatan rancangan. Suatu rancangan dikatakan memenuhi kriteria perancangan apabila tegangan pada setiap titiknya lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin titik tersebut.



Gambar 2.9. *Detailed model struktur jack-up*

(Hancox, M; vol.2, 1993)



2.2.5 Metode Elemen Hingga Sebagai Dasar Analisa Statis

Penyelesaian suatu permasalahan dalam bidang rekayasa umumnya menghasilkan ekspresi/model matematik yang melibatkan kondisi batas (*boundary condition*), sifat material, ketidaklinieran dan sebagainya, sehingga jarang sekali model matematis untuk masalah-masalah teknik yang biasa diselesaikan secara analitis. Keadaan inilah yang memaksa *engineer* menggunakan analisa *numerik* yang kendatipun hasilnya hanya bersifat pendekatan tetapi dianggap cukup dapat diterima. Perhitungan lendutan dan tegangan di sepanjang elemen *space-frame* adalah salah satu masalah teknik yang cukup populer dalam bidang rekayasa lepas pantai.

Pendekatan-pendekatan *numerik* ini berdasarkan sifatnya selalu menggunakan informasi-informasi pada *joint*. Proses penentuan *joint* ini disebut *discretization*. Salah satu caranya adalah dengan membagi suatu sistem menjadi bagian-bagian atau elemen-elemen yang lebih kecil. Pemecahan masalah kemudian dilakukan pada elemen-elemen kecil ini, yang selanjutnya digabungkan kembali sehingga didapatkan pemecahan masalah secara keseluruhan. Metode ini dikenal dengan *finite element method* atau metode elemen hingga.

2.2.5.1 Prosedur Perhitungan Lendutan pada Struktur

Pada prinsipnya metode elemen hingga memperlakukan suatu sistem sebagai gabungan dari elemen-elemen kecil yang digabungkan satu sama lain oleh titik-titik yang disebut *joint/node*. Fungsi yang sederhana umumnya dipilih untuk mendekati distribusi atau variasi lendutan yang sesungguhnya pada tiap elemen tersebut. Fungsi harus memenuhi syarat-syarat tertentu itu disebut dengan *displacement function* atau *displacement model*. Hasil yang diinginkan seperti



besar lendutan, dihitung pada *joint*, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah harga pendekatan dari lendutan pada lokasi-lokasi diskrit dari sistem yang diselidiki, yaitu pada *nodes-point*-nya tersebut.

Untuk fungsi *displacement*-nya, biasa dipilih fungsi *polynomial* atau fungsi *trigonometri*, atau juga beberapa fungsi sederhana yang lainnya. Umumnya digunakan *polynomial* karena fungsi ini mudah dimanipulasi secara matematis. Secara ringkas prosedur analisa lendutan dan tegangan dengan metode elemen hingga adalah seperti pembahasan berikut.

2.2.5.2 Pendiskritan dari Sistem yang Dianalisa

Ini adalah proses dimana sistem yang dianalisa dibagi menjadi bagian-bagian kecil. Beberapa usaha telah dilakukan untuk membagi elemen-elemen ini secara otomatis, akan tetapi banyak hal tergantung kecakapan individu yang melakukan analisa, termasuk misalnya menentukan model apa yang akan digunakan sebagai elemennya dan berapa jumlah serta dimensinya yang dianggap memenuhi syarat untuk suatu masalah tertentu.

Pendiskritan ini merupakan tahap yang penting, karena dalam praktek suatu sistem umumnya sangat kompleks dan besar, sehingga untuk keperluan analisa dengan metode elemen hingga hanya bagian-bagian tertentu yang dianggap perlu saja yang diselidiki.

Struktur *jack-up* yang terdiri dari *chord* dan *brace* adalah suatu sistem yang terdiri dari banyak elemen *space frame*. Elemen *space frame* sebenarnya adalah gabungan dari dua macam elemen, yaitu elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi. Pengasumsian ini didasarkan pada pembebanan dan lendutan yang akan terjadi pada elemen *space frame*. Elemen *truss* adalah elemen



yang akan mengalami pembebanan dan lendutan pada arah aksial (pada arah sumbu elemen) sedang elemen *beam* akan mengalami pembebanan, lendutan dan momen ke arah *lateral*.

Elemen *chord* dan *brace* pada struktur *jack-up* akan mengalami pembebanan dari segala arah (aksial dan *lateral*) dalam ruang sehingga elemen *chord* dan *brace* tersebut akan mengalami lendutan dan momen ke segala arah pula. Jadi pendekatan model elemen yang paling baik untuk elemen *chord* dan *brace* ini adalah gabungan elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global 3 dimensi atau *space frame*.

2.2.5.3 Menentukan Tegangan dan Regangan Elemen

Untuk masalah analisis tegangan struktur, besaran penting yang kedua adalah tegangan dan regangan. Tegangan dan regangan struktur dapat diperoleh karena besaran-besaran tersebut dapat dinyatakan secara langsung sebagai fungsi dari *displacement* yang sudah diperoleh dalam langkah sebelumnya.

2.2.5.4 Interpretasi Hasil

Tujuan terakhir dari penelitian ini adalah untuk memperoleh hasil seberapa besar pengaruh *eksentrisitas* yang diakibatkan kondisi kaki *jack-up* yang plastis dan kekakuan kaki *jack-up* yang berpengaruh pada kekuatan struktur *jack-up*.

2.2.6 Tegangan

2.2.6.1 Tegangan Normal

Tegangan normal dapat diakibatkan karena dua hal yaitu yang disebabkan oleh gaya aksial dan lenturan.

- ⊙ Disebabkan oleh gaya aksial

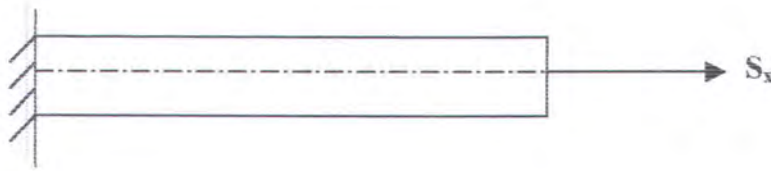
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.39)$$



Pada gambar 2.8. batang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik P . Akibat gaya ini, batang akan mengalami tegangan aksial sebesar (Popov, 1993):

Dimana : A = luas penampang lintang (m^2)

P = Gaya Tarik (N)



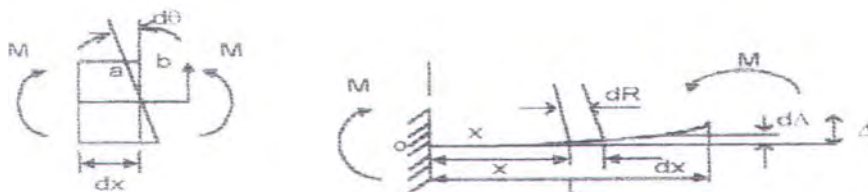
Gambar 2.10. Pembebanan aksial pada batang *tubular* (Popov, 1993)

⊙ Disebabkan oleh lenturan, ada dua kondisi lenturan yaitu :

❖ Pada batang lurus
$$\sigma = -\frac{My}{I} \quad (2.40)$$

❖ Pada lengkung simetris
$$\sigma = \frac{My}{Ae(R-y)} \quad (2.41)$$

Selain akibat gaya aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi di setiap ujungnya (gbr 2.9). Tegangan yang terjadi akibat momen ini dikenal sebagai *bending stress* atau tegangan lentur.



Gambar 2.11. Pembebanan momen kopel pada batang *tubular* (Popov, 1993)



Dimana :

y = jarak dari sumbu netral ke sembarang titik A pada penampang (gbr 2.9)

I_z = momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z

Interaksi antara kedua jenis tegangan aksial di atas dalam kaitannya dengan superposisi antara kedua jenis tegangan aksial tersebut, menghasilkan koreksi pada besar tegangan lentur. Pengurangan besar tegangan lentur akibat adanya akibat tegangan tarik dapat diabaikan tetapi penambahan besar tegangan lentur akibat terbentuknya tegangan *buckling* yang disebabkan oleh tegangan aksial tekan perlu diperhatikan.

2.2.6.2 Tegangan Geser

Penyebab terjadinya tegangan geser ada dua jenis yaitu tegangan geser yang disebabkan oleh puntiran dan gaya geser dalam balok.

❖ Disebabkan oleh puntiran

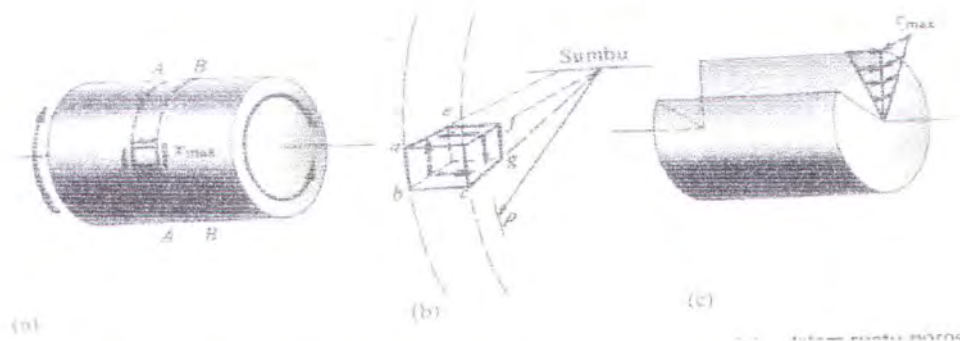
$$\square \text{ Poros melingkar} \quad \tau = \frac{T\rho}{I_p} \quad (2.42)$$

$$\square \text{ Poros sikuempat} \quad \tau = \frac{T}{\alpha bc^2} \quad (2.43)$$

$$\square \text{ Tabung dinding tipis tertutup} \quad \tau = \frac{T}{2At} \quad (2.44)$$

$$\text{❖ Disebabkan oleh gaya geser dalam balok} \quad \tau = \frac{VQ}{It} \quad (2.45)$$

Batang penampang bulat juga akan mengalami tegangan geser walau besarnya tidak begitu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti kaki struktur *jack up* adalah momen puntiran aksial. Pada gambar 2.12. tampak batang mengalami pembebanan puntiran T pada kedua ujungnya.



Gambar 2.12. Gaya puntiran pada batang silinder

Tegangan maksimum yang akan terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{T.R}{J} \quad (2.46)$$

dimana : J = momen inersia kutub

T = momen torsi terkonsentrasi

R = jari-jari penampang batang

Nilai $J : J = \frac{\pi}{2}(R_o^4 - R_i^4)$ Untuk *circular ring* (2.47)

$$J = \frac{\pi}{2}(R^4) \quad \text{Untuk round bar} \quad (2.48)$$

Tegangan yang bekerja pada penampang lintang lingkaran dan R adalah jari-jari penampang batang. Tegangan geser yang bekerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari dan mempunyai arah yang sama dengan momen puntir.

2.2.6.3 Kriteria Tegangan Ijin

Bagian struktur yang menerima beban kompresi dan beban tekuk harus memenuhi kriteria kekuatan dan kriteria stabilitas. Apabila total tegangan pada setiap bagian konstruksi melebihi tegangan ijin maka keruntuhan akan terjadi.



Tegangan ijin untuk member silinder (API RP2A, 1993):

1. Tegangan tarik

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

$$F_t = 0,6 F_y \quad (2.49)$$

Dimana : F_y adalah tegangan yield, ksi (MPa)

2. Tegangan tekan

Buckling pada kolom

Tegangan tekan yang diijinkan adalah F_a .

Untuk $D/t \leq 60$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kL/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kL/r)}{8Cc} - \frac{(kL/r)}{8Cc^3}}, \text{ untuk } kL/r < Cc \quad (2.50)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E'}{23(kL/r)^2}, \text{ untuk } kL/r \geq Cc \quad (2.51)$$

Dimana :

$$Cc = \left[\frac{2\pi^2 E'}{F_y} \right]^{0.5} \quad (2.52)$$

E = modulus elastisitas, ksi (MPa)

K = faktor panjang efektif

L = Panjang tanpa *bracing*

r = jari-jari girasi

Untuk member dengan $D/t > 60$ dengan menggunakan *local buckling*

Local buckling

a. *Local buckling elastic*



$$F_{xc} = 2 C_e t / D \quad (2.53)$$

Dimana :

C = koefisien tegangan kritis *buckling*

D = diameter luar

T = ketebalan pipa



secara teoritis harga C adalah 0,6

b. *Local buckling inelastic*

$$F_{xc} = F_y \left[1,64 - 0,23(D/t)^{1/4} \right] \leq F_{xe} \quad (2.54)$$

$$F_{xc} = F_y, \text{ untuk } (D/t) \leq 60 \quad (2.55)$$

3. Tegangan Tekuk

Tegangan *bending* ijin, F_b dinyatakan :

$$F_b = 0,75 F_y, \text{ untuk } D/t \leq 1500/F_y \quad (2.56)$$

$$\left(\frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y}, \text{ dalam satuan SI} \right)$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad (2.57)$$

$$\left(\frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y}, \text{ dalam satuan SI} \right)$$

$$F_b = \left[0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 3000 \quad (2.58)$$

4. Tegangan Geser

Untuk bagian *tubular*, besarnya tegangan geser maksimum adalah:

$$f_v = \frac{V}{0,5A} \quad (2.59)$$



dimana: f_y = tegangan geser maksimum, ksi (MPa)

V = tegangan geser *transversal*, kips (MN)

A = luasan melintang, in² (m²)

Sedangkan tegangan geser pada *beam* yang diijinkan adalah:

$$f_y = 0,4 F_y \quad (2.60)$$

6. Tegangan Majemuk Tekan dan Tekuk Untuk Batang Silinder

$$\frac{fa}{0,6F_y} + \frac{\sqrt{fxb^2 + fby^2}}{Fb} \leq 1,0 \quad (2.61)$$

Apabila $\frac{fa}{F_a} \leq 0,15$, maka digunakan

$$\frac{fa}{F_a} + \frac{\sqrt{fxb^2 + fby^2}}{Fb} \leq 1,0 \quad (2.62)$$

2.2.7 Indeks Lingkungan

Perancangan struktur yang optimum dengan analisa dimensi telah dilakukan, contohnya pada rancangan struktur pesawat terbang dengan menggunakan *indeks structural*.

Indeks structural juga telah digunakan pada struktur anjungan lepas pantai khususnya *Jacket* (Rosyid, 1996). *Indeks structural* yang digunakan :

$$\sigma_{sl} = \frac{R}{L.B} \quad (2.63)$$

dimana :

R = Pembebanan karakteristik

L = Panjang karakteristik struktur

B = Lebar karakteristik struktur



Sedangkan pada indeks lingkungan (*environmental index*) pembebanan karakteristik R merupakan pembebanan yang terjadi akibat beban lingkungan. Dalam penelitian ini beban lingkungan yang ditinjau adalah beban gelombang. Dimana indeks lingkungan merupakan perbandingan antara besarnya beban gelombang dengan kuadrat kedalaman laut.

$$\text{Environmental Indeks} = \sigma_{et} = \frac{\text{waveload}}{D^2} \quad (2.64)$$

Dimana D adalah kedalaman laut

2.2.8 Analisa Quasi Statis Deterministik

Analisa quasi statis akan menjadi dominant terhadap analisa respon struktur apabila frekuensi gaya eksitasi lebih kecil dari frekuensi natural struktur $\omega \ll \omega_n$.

$$\omega \rightarrow 0, \quad x \rightarrow \frac{f_0}{K} \cos \omega t \quad (\text{quasi static response}) \quad (2.65)$$

Respon didominasi oleh kekakuan. Ini dikarenakan percepatan dan gaya inersia adalah sangat kecil.

Jika persamaan dinamis adalah:

$$M \ddot{x} + C \dot{x} + Kx = f(t) \quad (2.66)$$

dimana $M \ddot{x}$ adalah gaya inersia, $C \dot{x}$ adalah gaya akibat redaman (*damping*), Kx adalah gaya pegas. Dapat diketahui bahwa $M \ddot{x} + C \dot{x}$ adalah sangat kecil jika dibanding dengan Kx . Sehingga ini diijinkan untuk mengabaikan $M \ddot{x}$ dan $C \dot{x}$ dan menggunakan $Kx = f(t)$. Struktur kaki *jack-up* umumnya memiliki frekuensi natural yang lebih kecil dari frekuensi gaya eksitasi serta periode natural yang lebih besar dari 3 detik. Struktur yang memiliki periode natural lebih dari 3 detik,



tidak mungkin untuk mengabaikan $M\ddot{x} + C\dot{x}$. Sehingga harus dilakukan analisa dinamis (API RP 2A, 1993). Untuk itu sebagai pendekatan untuk mencari respons dinamis struktur dalam hal ini adalah *amplitudo displacement*, yaitu dengan cara mengalikan respon statis (*static displacement*) dengan *Dynamic Amplification Factor* (DAF). Dimana DAF merupakan perbandingan antara *amplitudo displacement* dengan *equivalent static displacement*, jika dirumuskan adalah sebagai berikut (Chakrabarty, 1994):

$$DAF = \frac{\text{amplitude of displacement}}{\text{equivalent static displacement}} = \frac{x_0}{f_0 / K} \quad (2.67)$$

Respon dinamis struktur seperti *jack-up platform* sangat mungkin untuk didekati dengan mengalikan respon statis dalam hal ini adalah defleksi horisontal geladak dengan *dynamic amplification faktor* (DAF) dimana untuk sistem dengan satu derajat kebebasan diberikan (Boswell L.F., 1987):

$$DAF = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{T_0}{T}\right)^2\right)^2 + \left(2\xi \frac{T_0}{T}\right)^2}} \quad (2.68)$$

dimana :

T_0 : Periode natural dari struktur

T : Periode dari beban variabel (periode gelombang)

ξ : Damping rasio

Untuk kondisi operasi ini biasanya ditemukan bahwa tiga frekuensi natural yang paling rendah sesuai untuk gerakan *surge*, *sway*, dan *yaw*. Periode natural merupakan nilai *inverse* dari frekuensi natural dan diberikan oleh:



$$T_o = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{Me}{ke}} \quad (2.69)$$

dimana : f : Frekuensi natural dari struktur

ke : kekakuan efektif satu kaki

Me : Massa efektif satu kaki

Damping rasio ξ yang digunakan untuk perhitungan DAF adalah modal *damping rasio*. Ini merupakan kuantitas dimana bergantung pada banyaknya variabel. Didefinisikan oleh:

$$\xi = \frac{c}{c_{cr}} = \frac{c}{2\sqrt{mk}} \quad (2.70)$$

dimana m , c , dan k adalah koefisien dari *massa*, *damping* dan *spring* pada satu derajat kebebasan *ekuivalent*.

Ini bisa diamati bahwa *damping rasio* semakin bertambah dengan semakin menurunnya kekakuan. Ini sangat penting karena kekakuan dari *jack-up paltform* mungkin orde perbesarannya lebih kecil dari kekakuan *jacket paltform*.

Oleh karena kaki berupa silinder bebas di satu ujung dan dijepit diujung lainnya maka kekakuan efektif kaki dapat ditentukan:

$$k_e = \left(1 - \frac{P}{P_c}\right)k \quad (2.71)$$

dan k dihitung dengan rumus:

$$k = 3EI/L^3 \quad (2.72)$$

untuk harga P_c ditentukan dengan rumus:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \quad (2.73)$$

dimana: ke = Kekakuan efektif kaki



k = Kekakuan silinder karena bending

P = Beban axial kaki

P_e = Beban kritis euler untuk silinder

E = Modulus elastisitas

I = Moment inersia kaki



BAB III

PEMODELAN STRUKTUR

DAN PEMBEBANAN



BAB III

PEMODELAN STRUKTUR DAN PEMBEBANAN

3.1 Umum

Dalam pelaksanaan analisa struktur ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu pemodelan struktur, analisa struktur, uji lab dan yang terakhir adalah mendapatkan hasil yang diinginkan. Ketiga tahapan tersebut ada yang mutlak harus dilakukan dan ada yang bisa dihilangkan, yang mutlak dilakukan adalah pemodelan sedangkan analisa dan uji lab tidak mutlak untuk dilakukan. Tahapan tersebut dapat dilakukan dengan jalur pemodelan yang kemudian dilakukan analisa yang akan mendapatkan suatu hasil, begitu pula untuk pelaksanaan dengan menggunakan uji lab. Tapi pemodelan ini dapat juga dilaksanakan analisa dan uji lab secara bersamaan sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.

Pada penelitian kali ini dilakukan proses pemodelan dan analisa, tanpa menggunakan uji lab. Adapun analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan suatu metode elemen hingga (*finite element method*).

Metode Elemen Hingga merupakan suatu metode pemodelan dan analisa struktur yang lebih kompleks dan *detail*. Metode ini menjadikan bentuk fisik model struktur sebagai suatu sistem linier yang berkesinambungan dengan jalan membagi bentuk fisik struktur menjadi kelompok elemen yang lebih kecil. Elemen – elemen ini dihubungkan dengan simpul – simpul (*nodes*) sehingga menjadi suatu sistem yang kontinyu. Sebagai acuan perhitungan dalam metode elemen hingga biasanya adalah *displacement method*, yaitu perpindahan dari



simpul-simpul yang dianalisa dinyatakan sebagai parameter yang belum diketahui. Dengan demikian, untuk mendapatkan respon model keseluruhan diperlukan persiapan yang matang dalam pembuatan model dan memerlukan waktu perhitungan yang relatif lama.

Struktur *Jack-Up* yang akan dianalisa lebih berkonsentrasi pada struktur kaki (*leg*) yang dalam hal ini memakai bentuk rangka (*space frame*) sehingga dapat dimodifikasi konfigurasinya. Struktur kaki yang dikenal dengan *truss type* ini dibangun dari sejumlah silinder baja yang saling dihubungkan sehingga membentuk rangka batang. Tiap sambungan antara silinder baja yang satu dengan lainnya merupakan dua elemen yang berpotongan, sedangkan titik tempat terjadinya pertemuan dari elemen – elemen tersebut merupakan simpul atau sambungan (*Joints*).

Didalam pemodelan *jack-up* ada dua cara pemodelan yaitu pemodelan *jack-up* untuk keperluan analisa global tiga kaki dan pemodelan *jack-up* untuk keperluan analisa lokal satu kaki. Kedua cara pemodelan ini sangat penting dilakukan, dimana analisa global untuk mengetahui respons struktur secara global yang mencakup perpindahan geladak horisontal, stabilitas struktur *jack-up*, gaya-gaya reaksi, *P-delta effect* dan lain sebagainya. Sedangkan analisa lokal satu kaki untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada *chord* dan *brace*. Karena *jack-up* terdiri dari tiga kaki yang mempunyai elemen *chord* dan *brace* yang begitu banyak maka didalam analisa global struktur kita akan memerlukan piranti lunak komputer yang canggih, dimana dia dapat memodelkan seluruh element tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut maka didalam analisa global struktur *jack-up*, disini



digunakan *stick model*. Sedangkan untuk analisa lokal satu kaki digunakan *detailed model*.

3.2. Metodologi Analisis

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa seberapa besar pengaruh *eksentrisitas* kaki *jack-up* terhadap kekuatan struktur. Dalam analisa ini terdiri atas dua tahapan yaitu analisa untuk *stick model* dan yang kedua analisa untuk *detailed model*.

Pada pemodelan awal yaitu dengan menggunakan *sick model* digunakan suatu *equivalent model* dengan *detailed model* yang berfungsi untuk mengetahui input data yang dibutuhkan *detailed model* berupa gaya reaksi pada tumpuan yang terjadi. Kemudian analisa dilanjutkan pada pemodelan yang kedua dengan menggunakan *detailed model* untuk mengetahui respons struktur yang berupa tegangan, dan .

Untuk perhitungan matematis didasarkan pada standard *API RP2A WSD* dengan menggunakan *software* StruCad. Pada perhitungan ini akan dihasilkan gaya reaksi, tegangan, *displasment* dan *unity check*, dan berat struktur. Dari out put kita dapat menghitung kekakuan kaki, periode natural struktur dan factor dinamis (*Dynamic amplification Factor*)

1. Pengumpulan data lingkungan

Data yang diperlukan dalam pelaksanaan analisa terdiri atas dua macam yaitu :

- Pengumpulan data struktur *jack-up*.



Adapun data struktur yang digunakan pada analisa kali ini adalah data struktur Dyvi Gamma Jack Up Rig. Data ini meliputi dimensi, material dan berat yang diambil dari *existing model*.

- Pengumpulan data lingkungan.

Data Lingkungan ini meliputi letak dari struktur yang beroperasi meliputi data gelombang. Data yang digunakan adalah data dimana struktur ini berada yaitu di Laut Utara khususnya *Norwegian sektor*.

2. Menentukan konfigurasi *bracing* sistem.

Konfigurasi *bracing* sistem yang digunakan untuk pemodelan *jack-up rig* Dyvi Gamma adalah *X-brace*. Untuk penentuan konfigurasi jenis *X bracing*, dalam struktur Dyvi Gamma telah diperoleh ukuran dari diameter *bracing*, tebal dan panjangnya.

3. Pemodelan struktur.

Pemodelan struktur yang dianalisa pada penelitian kali ini merupakan model satu kaki saja dan terdapat dua tahapan yaitu :

- *Stick Model*, ini merupakan pemodelan awal yang digunakan untuk memodelkan struktur dengan pengaruh *eksentrisitas*. Pemodelan ini merupakan suatu model yang sudah *equivalent* (mendekati) dengan *detailed model* dalam hal perilaku struktur. Pada pemodelan ini model dikenakan pengaruh *eksentrisitas* sebesar 1 derajat, 3 derajat, 5 derajat dan terakhir tanpa *eksentrisitas*. Kemudian hasil dari analisa ini berupa gaya reaksi akan dimasukkan ke dalam pemodelan *detailed model*.



- *Detailed Model*, pemodelan ini merupakan model sebenarnya dari struktur dan menggunakan data struktur yang telah ditentukan yaitu Dyvi Gamma Jack Up Rig tapi hanya untuk satu kaki saja.

4. Perhitungan Beban Gelombang.

Dalam perhitungan beban gelombang melewati beberapa tahapan yaitu :

- Data lingkungan berupa tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), arah gelombang, kedalaman air (d).
- Penentuan jenis teori gelombang dengan menggunakan grafik *Region of Validity*, dengan menggunakan hubungan antara H/gt^2 dan d/gt^2 .
- Menentukan besarnya koefisien *drag* dan koefisien *inersia*. Untuk penelitian kali ini besarnya koefisien *drag* dan *inersia* telah ditetapkan dalam data Dyvi Gamma.
- Perhitungan beban gelombang dilakukan dengan menggunakan *software* StruCad dengan memasukan data lingkungan yaitu tinggi gelombang, periode gelombang, kedalaman air, dan arah gelombang.

5. Analisa Struktur.

Analisa struktur yang pertama adalah analisa *stick model*, analisa ini dilakukan dengan menggunakan *software* StruCad. Analisa ini meliputi analisa akibat pengaruh *eksentrisitas* saja dan hasilnya berupa respons struktur berupa gaya reaksi.

Hasi dari analisa *stick model* kemudian akan dianalisa pada *detailed model* dan sekaligus memasukkan pengaruh beban gelombang pada struktur. Kemudian akan dilakukan pengecekan apakah struktur tersebut kuat



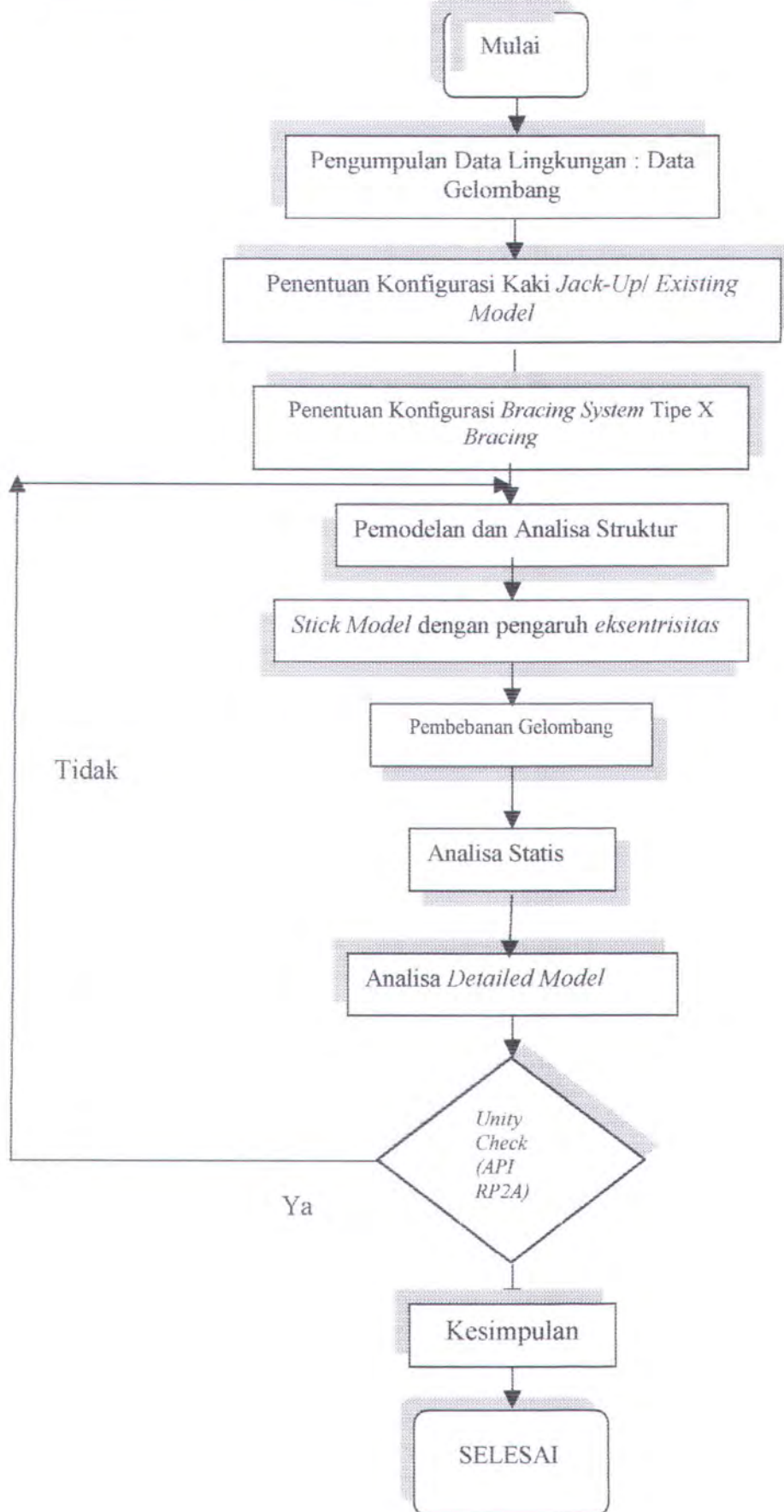
dengan memeriksa harga *unity check* yang merupakan perbandingan antara *stress* yang terjadi dengan *stress* ijin

$$\text{Unity Checck} = \frac{\sigma_{comb}}{\sigma_{ijin}} \leq 1$$

Jika struktur memenuhi persamaan di atas maka struktur dianggap aman. Kemudian struktur dianalisa dengan menggunakan variasi tinggi gelombang dari 1m sampai dengan 10 m.

6. Tahapan terakhir adalah hasil yang diperoleh dari analisa :
 - ⊙ Mendapatkan perilaku struktur akibat pengaruh *eksentrisitas* pada kaki *jack-up* tipe *truss X bracing 3 chord*. Perilaku ini dapat dilihat melalui satu *member* yang kritis, dari *member* tersebut maka terlihat harga *stress* maksimum yang terjadi pada struktur berdasarkan variasi tinggi gelombang. Adapun respons yang dianalisa yaitu tegangan kombinasi, tegangan aksial, tegangan *bending*, tegangan geser dan *unity check*.
 - ⊙ Hasil akhir dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara indeks lingkungan pada sumbu x dan respons struktur pada sumbu y. Dengan demikian dapat dilihat pengaruh *eksentrisitas* pada struktur dengan adanya variasi tinggi gelombang.
7. Mendapatkan kesimpulan dari hasil analisa perilaku struktur kaki *jack-up* tipe *truss X-brace 3 chord* akibat pengaruh *eksentrisitas* pada kaki *jack-up*. Hasil yang diperoleh berupa grafik hubungan antara respons struktur versus indeks lingkungan.

Adapun alur dari metodologi secara keseluruhan terlihat pada gambar 3.1. di bawah ini :



Gambar 3.1. Diagram Metodologi Penelitian



3.3. Penjelasan Alur Pengerjaan

Alur pengerjaan ini menjelaskan tentang tahapan setiap proses metodologi atau pengerjaan penelitian. Adapun penjelasannya akan diterangkan melalui *sub bab* di bawah ini.

3.3.1 Pengumpulan Data

Dalam suatu tahapan pemodelan perlu dilakukan suatu *analytical modeling* dan *matemathical modeling*. Untuk pelaksanaan pemodelan dibutuhkan data sebagai berikut :

Nama anjungan *Jack-Up* : "Dyvi Gamma" *Jack-up Rig*.

Fungsi : *Rig* pengeboran.

Pemilik (*Owner*) : *Dyvi Offshore Co.*, Norwegia.

Tahun operasi : 1977.

Lokasi operasi : lokasi 1 / 9 –3 lepas pantai Norwegia.

Bentuk kaki (*leg*) : tipe *truss* dengan 3 *chord*.

Bentuk geladak (*deck*) : *trigonal* (segitiga) dengan 3 *legs*.

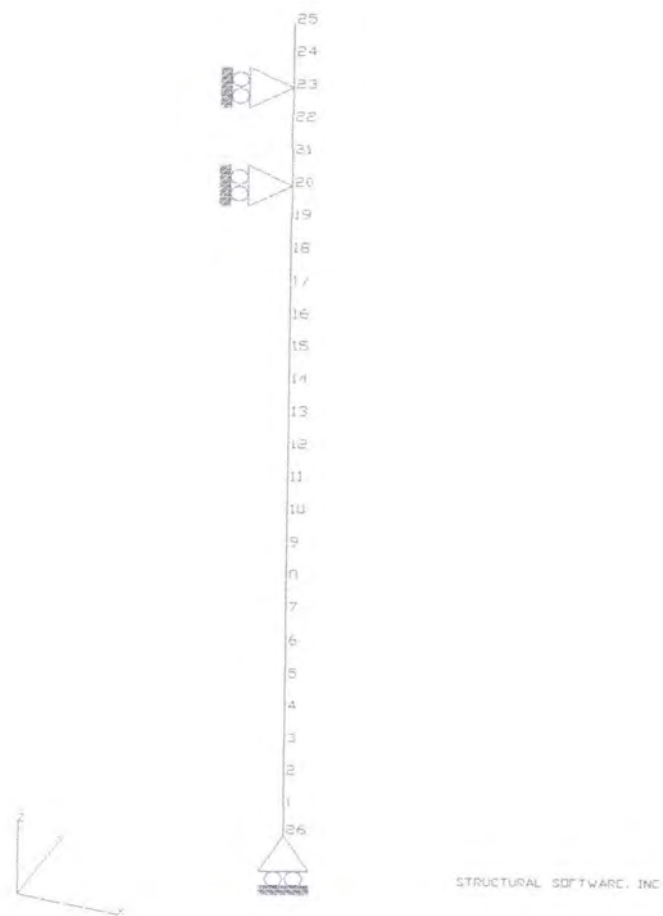
Dalam penelitian kali ini akan terjadi modifikasi model pada struktur *jack-up* sesuai dengan tujuan penelitian ini, antara lain sebagai berikut :

- Konfigurasi *bracing*.
- Ukuran diameter dan ketebalan dari *bracing*.
- KL/r dan d/t

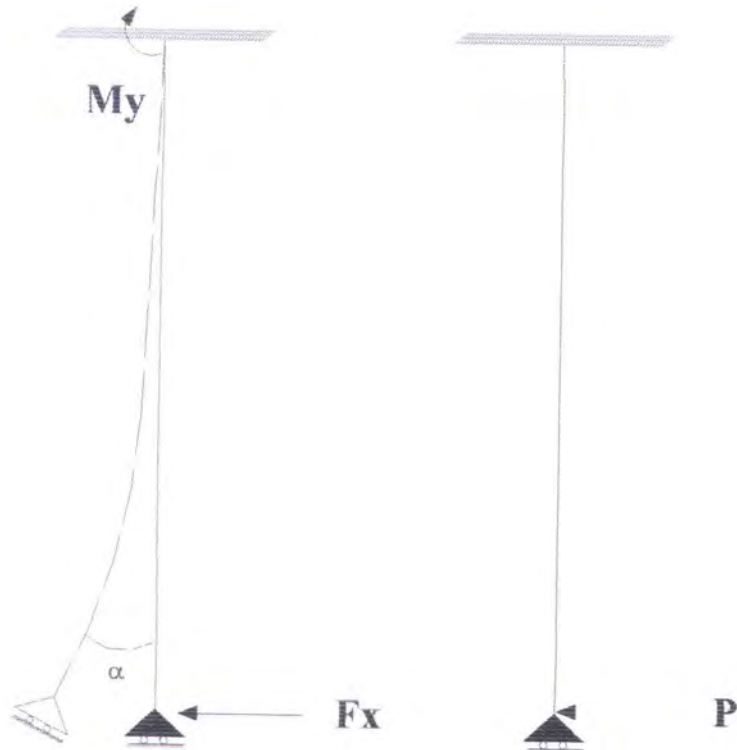
Adapun data lingkungan dimana struktur *jack-up* beroperasi di Laut Utara khususnya *Norwegian sektor* adalah sebagai berikut:

Kedalaman laut : 76.5 m

Tinggi gelombang : 8 m



Gambar 3.2. Sistem *Support* dan Nomor *Joint Stick Model* 1 Kaki untuk
Analisa *Stick Model*



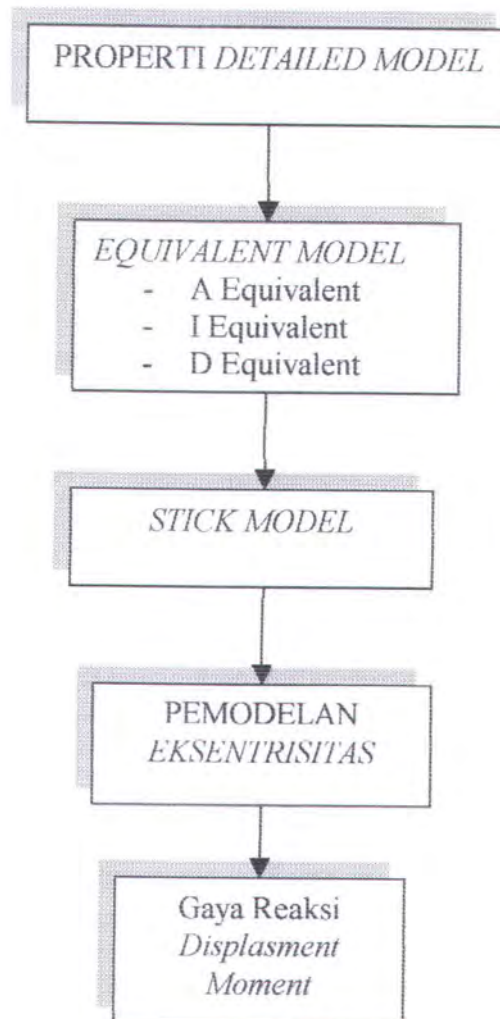
Gambar 3.3. Stick Model Dengan Pengaruh Eksentrisitas

Dengan menggunakan rumus-rumus dari *Det norske Veritas* maka diperoleh properti ekuivalen dari stick model seperti pada tabel 3.1:

Tabel 3.1. Properti stick model ekuivalen untuk X dan bracing system

No	Uraian	Stick X	Satuan
1.	Momen inersia ekuivalen	0.050429 m ⁴	m ⁴
2.	Luasan ekuivalen	0.33939 m ²	m ²
3.	Diameter ekuivalen	1.896309 m	m
4.	Coefisien Drag ekuivalen	4.1298	Tanpa Satuan
5.	Coefisien inersia ekuivalen	2.0	Tanpa Satuan
6.	Tebal ekuivalen	0.038793 m	m
7.	D/t	48.8828	Tanpa Satuan
8.	Massa tiap bay	475.74 kN	KN

Setelah dilakukan analisa pada *stick model* maka diambil hasil reaksi dari model tersebut. Hasil analisa dari struktur tersebut kemudian dianalisa pada *detailed model*.



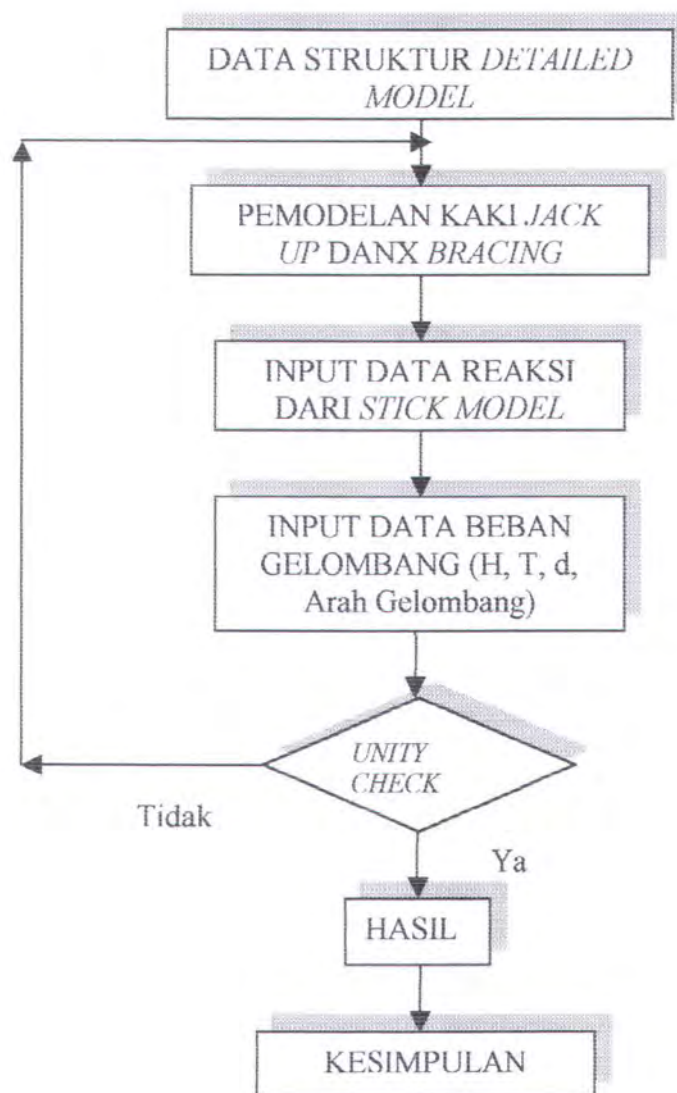
Gambar 3.4. Diagram Alur Pembuatan *Stick Model*

3.3.2.2. Detailed Model

Satu struktur kaki *jack-up* tipe rangka (*truss type*) memiliki tiga bagian yang merupakan member utama yaitu sebagai berikut :



- *Chord*; *member* yang memiliki ukuran relatif lebih besar yang berfungsi sebagai penopang utama struktur geladak (*Super Structure*).
- *Horizontal Braces*; *member* sebagai penegar yang diletakkan secara melintang atau horisontal terhadap sumbu mendatar struktur (di dalam stracad merupakan sumbu x).
- *Diagonal Braces*; *member* sebagai penegar yang diletakkan secara miring atau memiliki sudut kemiringan tertentu terhadap sumbu atau bidang referensi dari struktur.



Gambar 3.5. Diagram Alur Pembuatan Model dan Analisa *Detailed Model*



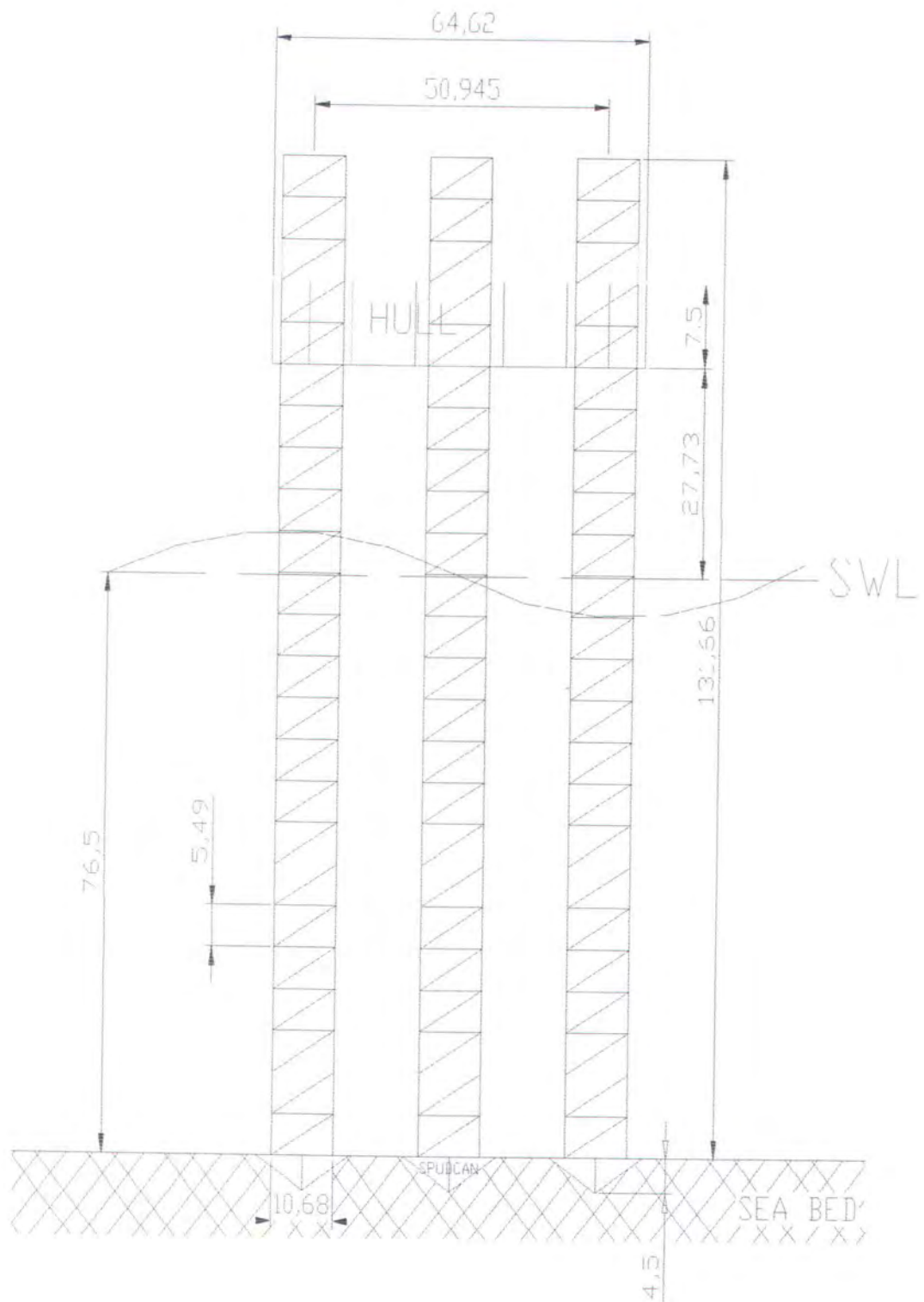
Periode gelombang	: 10.4 detik
<i>Still Water Level current</i>	: 2.4 m/s
Kecepatan Angin	: 35 m/s

3.3.2. Pemodelan Struktur Kaki Jack-up

3.3.2.1. *Stick Model*

Stick model merupakan bentuk yang lebih sederhana dari struktur yang *equivalent* dengan *detailed model*. Sebagai langkah awal, *stick model* dibuat untuk 1 struktur kaki *jack-up* terlebih dahulu dengan *support* pada *spudcan* dimodelkan sebagai tumpuan rol arah horisontal (arah x *global axis*) dan hubungan antara *deck* dan kaki dimodelkan dengan *support* berupa rol arah vertikal (arah Z *global axis*) seperti pada gambar 3.6. Pembuatan *stick model* ini bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan analisa karena *stick model* mempunyai respons yang *equivalent* dengan *detailed model*.

Pada pemodelan *stick model support* pada *spudcan* dimodelkan sebagai tumpuan *pin* sedangkan struktur *deck* dimodelkan sebagai *rigid body element* yang memiliki kekakuan yang sangat besar seperti yang ditunjukkan gambar 3.2.



Gambar 3.6. Ukuran utama struktur *jack-up*



Adapun ukuran *chord* dan *bracing* per *bay* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Ukuran *chord* dan *bracing* model kaki *Jack-Up*
(Dyvi Gamma, *DnV Report*, 1984)

Member	Model 1 (mm)		
	X bracing system		
	D	t	L
<i>Chord</i>	762	152.4	5486
<i>Hor. Braces</i>	648	81	10668
<i>Dia. Braces</i>	254	31.678	5997.965

Rasio kerampingan (kL/r) dan rasio ketebalan per diameter (D/t) dari ukuran *tubular member* pada struktur kaki *jack-up* mengacu pada standar yang diberlakukan oleh :

- American Bureau of Shipping *Mobile Offshore Drilling Units (ABS-MODU)* tahun 1980
- American Petroleum Institute – *Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and Resistance Factor Design (API RP2A LRFD)* tahun 1993
- Det Norske Veritas – *Dynamic of Jack-Up Platform – Final Report for Join Industry Project (DnV)* tahun 1984



3.3.2.2.1. Data Ukuran Jack Up

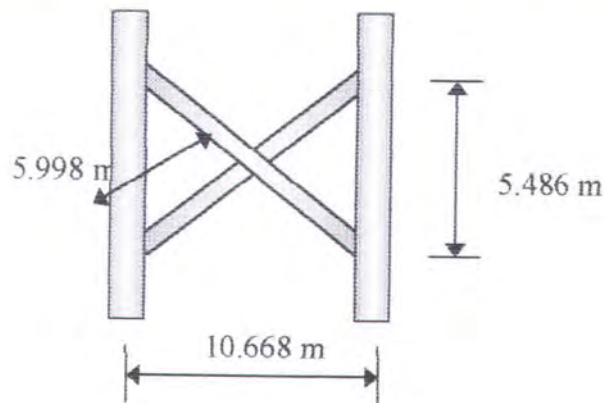
a. Ukuran utama dari *jack-up* yang akan dianalisa adalah sebagai berikut:

- Jumlah kaki : 3 kaki
- Jumlah *chord* tiap kaki : 3 *chord*
- Jarak antar kaki : 50.945 m
- Jarak antar *chord* : 10.668 m
- Panjang kaki : 131.664 m
- Tinggi tiap *bay* : 5.486 m
- Lebar geladak : 64.620 m
- Panjang geladak : 64.620 m
- Tinggi geladak : 7.5 m
- Berat geladak dan peralatan total : 9151.68 ton

Di bawah ini gambar 3.6. menunjukkan ukuran utama dari struktur kaki *jack-up* yang akan dianalisa.

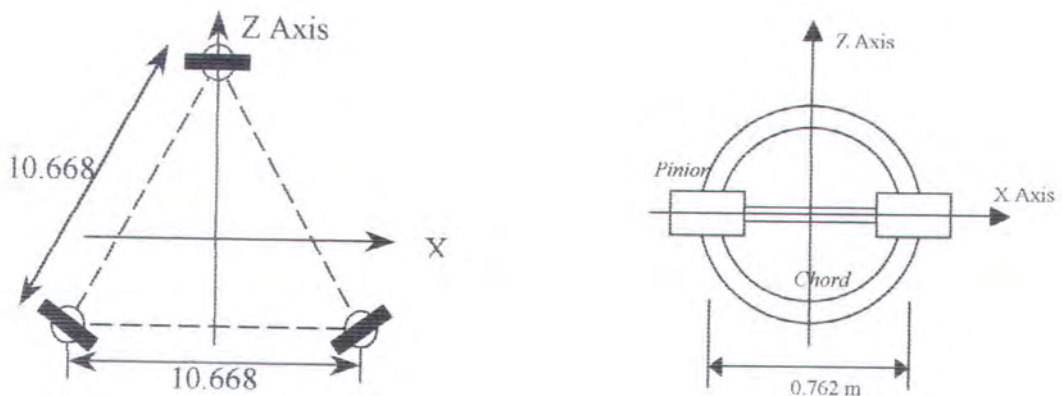
Sistem *jacking* yang dipergunakan adalah *Rack – Pinions* sistem ganda (*Opposed Rack-Pinions Elevating System*) di mana *pinions* diletakkan pada dua (2) sisi *chord* dari kaki *jack-up*. Dalam pemodelan, struktur *rack-pinions* tidak dimodelkan secara nyata, hanya dipergunakan untuk menghitung koefisien *drag* (*CD*) pada *chord* dan beban gelombang yang mengenainya.

Berikut adalah model konstruksi kaki *jack-up* yang akan dianalisa :



Model 1
Diagonal X - Brace

Gambar 3.7. Model kaki *jack-up* per bay X bracing system yang akan dianalisa



Gambar 3.8. Penampang kaki dan sistem *Pinions* pada *Chord* (Murdjito, 1997)

**b. Pemodelan Struktur Geladak**

Untuk *detailed model* 1 kaki, struktur geladak tidak dimodelkan, hanya hubungan antara kaki dan *deck* yang dimodelkan sebagai tumpuan rol arah vertikal (arah z global axis).

Beban vertikal berupa peralatan yang ada di atas geladak yang dikenai oleh model struktur *deck jack-up* di atas mengacu pada struktur “*Dyvi Gamma Jack-Up Rig*” adalah sebagai berikut :

- Basic Hull	= 4744.34 ton
- Pipping and Electrical Equipment	= 181.03 ton
- Machinery Foundations	= 45.37 ton
- Living Quarters	= 13.79 ton
- Helideck	= 110.25 ton
- Water Tower	= 55.81 ton
- Derrick and Drill Floor	= 567.13 ton
- Skid Rails and Pipeline Racks	= 46.73 ton
- Fixed Equipment	= 998.14 ton
- Jack House	= 363.42 ton
- Jacking Units	= 571.65 ton
- Liquid Load	= 1304.02 ton



Maka total beban vertikal yang diterima oleh struktur kaki *jack-up* sebesar = 9151.68 ton

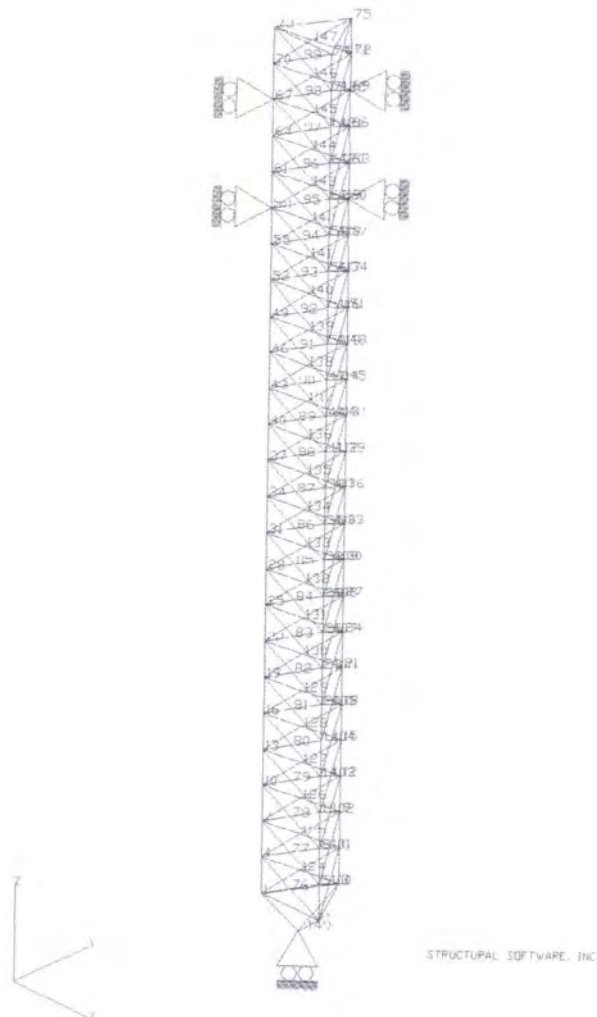
Beban total peralatan yang berada pada geladak ini terdistribusi secara merata pada luasan total geladak.



c. Pemodelan *Spud Can* (Pondasi kaki *Jack-Up*)

Sistem pondasi yang dipakai dalam model *jack-up* yang akan dianalisa ini menggunakan sepatu tumpu *spud can*. Dengan sepatu tumpu jenis ini, maka setiap kaki *jack-up* akan mempunyai satu *spud can* yang tidak terikat dengan kaki yang lain. Jenis konstruksi *spud can* ini paling banyak digunakan karena sistem instalasi *jack-up* menjadi lebih sederhana, sebab masing – masing kaki *jack-up* berdiri bebas.

Dalam pembuatan model analisis pada komputer, *spud cans* tidak dibuat dalam bentuk sebenarnya melainkan dimodelkan sebagai tumpuan (*Support*) berupa *roll* arah horisontal (arah x *global axis*).



Gambar 3.9. Sistem *Support* dan Nomer *Joint Detailed model* dengan *X Bracing System*



Teori gelombang yang digunakan dalam analisa ini adalah teori Stokes orde 5. Teori ini diperoleh sesuai dengan grafik hubungan antara $\frac{d}{gT^2}$ dan $\frac{H}{gT^2}$ (lihat gambar 2.1). Dimana besarnya nilai $\frac{d}{gT^2}$ dan $\frac{H}{gT^2}$ adalah seperti dibawah ini:

$$\frac{d}{gT^2} = \frac{76.5}{9.81 \times 10.4^2} = 0,072$$

$$\frac{H}{gT^2} = \frac{8}{9.81 \times 10.4^2} = 0,0075$$

Dalam pelaksanaan analisa dengan menggunakan StruCad*3D data input yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Teori gelombang
2. Tinggi gelombang
3. Periode Gelombang
4. Arah gelombang
5. Berat jenis air laut
6. Elevasi *mudline*
7. Kedalaman laut
8. *Incremental Loading*
9. C_d dan C_m

Dalam menentukan nilai C_D dan C_M mengacu pada *recommended design value* dari *Det Norske Veritas* dimana besarnya C_D untuk *cylindrical member* besarnya 0.8 dan C_M sama dengan 2.0.



Pada struktur *jack-up* yang dianalisa, terdapat *chord* yang memiliki *rack* berupa *plate* dengan sudut antara sumbu *axis* dengan arah aliran sebesar 45° , maka untuk menghitung C_D dari *chord* dihitung dengan menggunakan rumus 2.33 sehingga diperoleh :

$$C_{D_{chord}} = 2.0837$$

Dimana C_D dan C_M untuk bracing sebesar 0.8 dan 2.0. Sedangkan C_{deq} didapatkan dari persamaan 2.36. dan C_{meq} sesuai dengan *recommended design value DnV* diasumsikan 2.0.

Arah dari beban gelombang yang ditinjau adalah 0° dari sumbu X global axis. Sesuai dengan kondisi lingkungan yang ditampilkan dengan variasi tinggi gelombang pada table 3.4. sebagai berikut:

Tabel 3.4. Nilai Variasi beban gelombang berdasarkan perbedaan tinggi gelombang

Tinggi Gelombang (H) (m)	Beban Gelombang (Wave Load) (kN)
1	1816.219
2	4013.545
3	7182.251
4	11482.48
5	17862.02
6	25922.89
7	35819.7
8	47658.18
9	61612.19
10	77837.6



3.3.3. Analisa Pemodelan Struktur

Analisa dilakukan dengan menggunakan *StruCad* dengan memasukan input data detailed model. Setelah input data dimasukan kemudian dilakukan analisa terhadap kekuatan struktur dengan memperhatikan nilai dari unity check. Apabila nilainya memenuhi yaitu lebih kecil dari satu maka struktur dalam keadaan aman, tetapi jika nilai unity check kurang dari satu maka akan dilakukan kembali pemodelan konfigurasi jack up

3.3.4. Kesimpulan.

Pada pelaksanaan analisa akan diperoleh tegangan maksimum pada struktur akibat pengaruh eksentrisitas. Jadi hasil yang diperoleh dari analisa ini adalah suatu hubungan antara *stress maksimum* dan *indeks lingkungan*. Sehingga akan dapat dilihat besarnya pengaruh eksentrisitas kaki terhadap kekuatan struktur



Apabila diketahui bahwa :

Beban *Deck* Total = 9151.68 ton

Jumlah Kaki *Jack-Up* = 3

Jumlah *Chord* 1 Kaki = 3

Maka didapatkan :

Beban *Deck* untuk 1 Kaki *Jack-Up* = 3050.56 ton, dan

Beban *Deck* untuk 1 *Chord* = 1016.853 ton

Untuk *stick model* 1 kaki beban *deck* juga dikenakan sebagai beban terpusat pada *joint* sambungan antara *chord* dengan *jacking system* searah sumbu *Z* global axis negatif sebagai *joint load*.

b. Beban Lingkungan

Dengan memasukkan input data lingkungan tempat “*Dyvi Gamma*” *jack-up* beroperasi pada *software strucad*3D*, maka beban-beban lingkungan yang meliputi beban gelombang, beban angin dan beban arus secara otomatis akan dihitung oleh *software strucad*3D*.

Adapun data lingkungan dimana struktur *jack-up* beroperasi di Laut Utara khususnya *Norwegian sektor* adalah sebagai berikut:

Kedalaman laut	: 76.5 m
Tinggi gelombang	: 8 m (<i>Variasi 1–10m</i>)
Periode gelombang	: 10.4 detik
<i>Still Water Level current</i>	: 2.4 m/s
Kecepatan Angin	: 35 m/s



3.3.2.2.2. Pemodelan Beban

Masalah perhitungan beban di sini dibatasi dalam dua (2) macam beban yang bekerja mengenai model struktur kaki *jack-up* baik model lokal maupun model global, yaitu :

1. Beban dari struktur kaki itu sendiri, termasuk beban dari '*deck*'-nya
2. Beban lingkungan yang meliputi beban gelombang (*wave load*), beban angin (*wind load*) dan beban arus (*current load*).

a. Beban Struktur

Beban struktur dalam arah vertikal di sini terdiri atas dua (2) model beban, yaitu :

- Beban dari berat struktur kaki itu sendiri (*Selfweight*)
- Beban dari struktur geladak yang ditopang oleh kaki *jack-up* (*Deck Load*)

Beban struktur *jack-up* dihitung dengan menggunakan StruCad*3D, dengan menggunakan *software* ini secara otomatis akan mengeluarkan harga beban tersebut. Adapun input yang dimasukan pada *software* StruCad*3D adalah property material, dimensi material (diameter, panjang, *thickness* dan lain sebagainya). Sedangkan beban *deck* pada *detailed model* dimodelkan sebagai beban terpusat pada *joint* sambungan antara *chord* dengan *jacking system* dengan arah searah sumbu Z *global axis* negatif sebagai *joint load* dengan rincian sebagai berikut :

$$\text{BebanDeck1Kaki} = \frac{\text{BebanDeckTotal}}{\text{JumlahKaki}}$$
$$\text{BebanDeck1Chord} = \frac{\text{BebanDeck1Kaki}}{\text{JumlahChord1Kaki}}$$



Sehingga nilai dari *slenderness* dan *thickness ratio* dari model kaki *jack-up*, dapat dilihat pada tabel 3.3. di bawah ini

Tabel 3.3 *Slenderness & Thickness Ratio Model Kaki Jack-Up*

Member	Model 1	
	X bracing system	
	k.L/r	D/t
Chord	20.569	5
Hor. Braces	47.037	8
Dia. Braces	67.4486	8

Dengan mengacu pada standar *American Institute of Steel Construction (AISC) 9th Edition*, maka ditetapkan bahwa ketiga model kaki *jack-up* masing – masing didesain memakai material yang sama, yaitu :

- Jenis Material : High Strength Steel Low Alloy ASTM A572 Grade 65
- Modulus Young : $2.005 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
- Modulus Geser (Shear) : $7.4376 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
- Poison Ratio : 0.32
- Densitas Massa : $76861.135 \text{ N / m}^3$
- Temperatur Referensi : 210^0 Celcius
- Koefisien Ekspansi Panas : $1.188 \times 10^{-5} \text{ per } ^0 \text{ C}$
- Tegangan Tarik : $1.4537 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
- Tegangan Tekan : $1.6227 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
- Tegangan Geser : 11.0548 N/m^2
- Tegangan Luluh : 448110 kN/m^2



BAB IV

ANALISA HASIL

DAN PEMBAHASAN



BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil

Pelaksanaan analisa pengaruh *eksentrisitas* pada kaki *jack-up* dilakukan dengan dua tahapan yaitu pertama pemodelan struktur dengan pengaruh *eksentrisitas*, kedua pemodelan struktur secara keseluruhan atau biasa disebut dengan *detailed model*.

Pada pemodelan *stick model* dan *detailed model* hanya dimodelkan untuk satu kaki saja (lihat gambar 3.4 dan 3.5). *Stick model* dimodelkan dengan melakukan suatu *equivalent model* dari *detailed model* ke *stick model*. Pemodelan ini mengacu pada struktur *Jack Up Dyvi gamma (DnV)*, di sini dilakukan *equivalent diameter*, moment inersia, dan *coeffisient drag*. Pada equivalensi diameter didapatkan dengan cara mengasumsikan bahwa *Gaya Froude Krylov* yang mengenai struktur 1 bay sama. Sedangkan *Cd* didapatkan dengan mengasumsikan bahwa *drag force* yang mengenai struktur adalah sama.

Untuk mempermudah mengetahui seberapa besar pengaruh *eksentrisitas* pada kekuatan struktur dapat dilihat dari hasil respons yang diperoleh berupa tegangan kombinasi, tegangan aksial, tegangan lentur, momen (x, y, z) disusun dalam suatu grafik respons struktur versus indeks lingkungan. Dimana indeks lingkungan diperoleh dari beban gelombang dibagi kedalaman kuadrat. Untuk menghitung harga dari indeks lingkungan harus dihitung besarnya beban gelombang. Adapun beban gelombang yang mengenai struktur diperoleh dari hasil perhitungan StruCad dengan menggunakan variasi tinggi gelombang mulai



dari 1 meter sampai dengan 10 meter. Acuan ini diperoleh berdasarkan pada data tinggi gelombang sebenarnya pada lokasi *Dyvi Gamma* sebesar 8 m dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Berdasarkan hasil perhitungan *StruCad* dengan metode *Stoke Orde 5* diperoleh hasil seperti di bawah. Kemudian dapat dicari harga dari indeks lingkungan yang mempunyai rumusan seperti pada persamaan berikut :

$$\text{Environmental Indeks} = \sigma_{ei} = \frac{\text{waveload}}{D^2}$$

Dimana : D adalah kedalaman air (berdasarkan data yaitu 76.5 m)

Maka diperoleh harga dari indeks lingkungan berdasarkan variasi tinggi gelombang adalah pada Tabel 4.1. di bawah ini :

Tabel 4.1. Perhitungan *Enviromental Indeks* untuk Tiap-tiap Beban Gelombang pada Variasi Ketinggian

No	Wave Load (kN)	Envr Indeks (kN/m ²)
1	1816.219	0.003
2	4013.545	0.0067
3	7182.251	0.012
4	11482.48	0.0192
5	17862.02	0.0299
6	25922.89	0.0434
7	35819.7	0.06
8	47658.18	0.0799
9	61612.19	0.1032
10	77837.6	0.1304



4.1.1. Analisa Respons Pada *Stick Model*.

Penggunaan *stick model* ini ditujukan untuk mempermudah pemodelan dari suatu struktur yang sulit. Di sini struktur dimodelkan sederhana dan dimodelkan adanya pengaruh *eksentrisitas* sebesar 0,018 ; 0,052 dan 0,088.

Pelaksanaan penyederhanaan *stick model* dilakukan melalui *equivalent* dari *diameter*, *massa*, *Cd* yang diperoleh dari Tabel 3.1, rumusan ini mengikuti aturan yang ditetapkan oleh *DnV Dyvi Gamma*.

Eksentrisitas pada kaki *jack-up* model *stick model* dilakukan pada satu kaki. Pemodelan dari *eksentrisitas* ini mengikuti pada persamaan (2.4), maka diperoleh *eksentrisitas* sebesar :

Tabel 4.2. Harga Besarnya *Eksentrisitas* pada Struktur
Jack Up Dyvi Gamma

No	e/L
1	0.017455
2	0.052408
3	0.087489

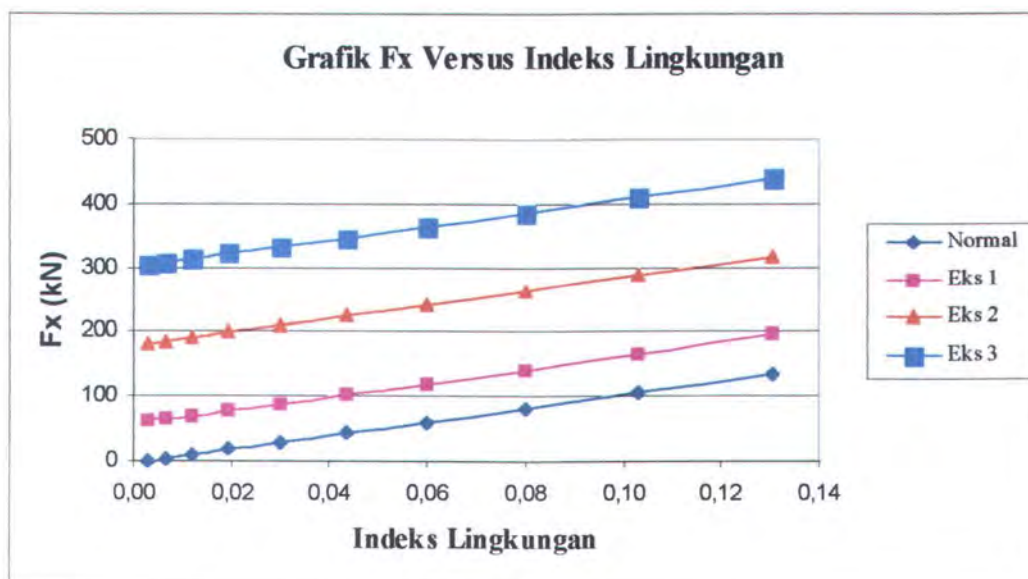
Berdasarkan hasil *stick model* diperoleh reaksi tumpuan pada struktur yaitu sebagai berikut :

Hasil gaya reaksi yang diperoleh *stick model* ini akan dianalisa pada *detailed model*, kemudian akan dianalisa seberapa besar pengaruh *eksentrisitas* terhadap kekuatan kaki *jack-up* yang otomatis akan berpengaruh pada kekuatan struktur.



4.1.1.1. Gaya Reaksi Pada Tumpuan Searah Sumbu X

Gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan dapat dilihat pada tabel 4.4. Adapun gaya reaksi yang bekerja hanya pada searah sumbu x, ini disebabkan adanya pengaruh *eksentrisitas* yang terjadi searah sumbu x pada tumpuan. Dengan menggunakan *stick model* yang dipengaruhi oleh beban gelombang yang memiliki variasi tinggi gelombang akan terjadi kenaikan gaya reaksi pada sumbu x, tetapi ini tergantung dari pada arah beban gelombang yang mengenai struktur. Pada penelitian ini arah gelombang yang terjadi adalah searah arah sumbu x.



Gambar 4.1. Grafik Kenaikan Gaya Reaksi Searah Sumbu X Akibat Pengaruh *Eksentrisitas* Versus Indeks Lingkungan

Berdasarkan gambar 4.1 dapat dilihat adanya kenaikan gaya reaksi searah sumbu x versus indeks lingkungan yang dipengaruhi oleh *eksentrisitas* searah sumbu x dan beban gelombang searah sumbu x.



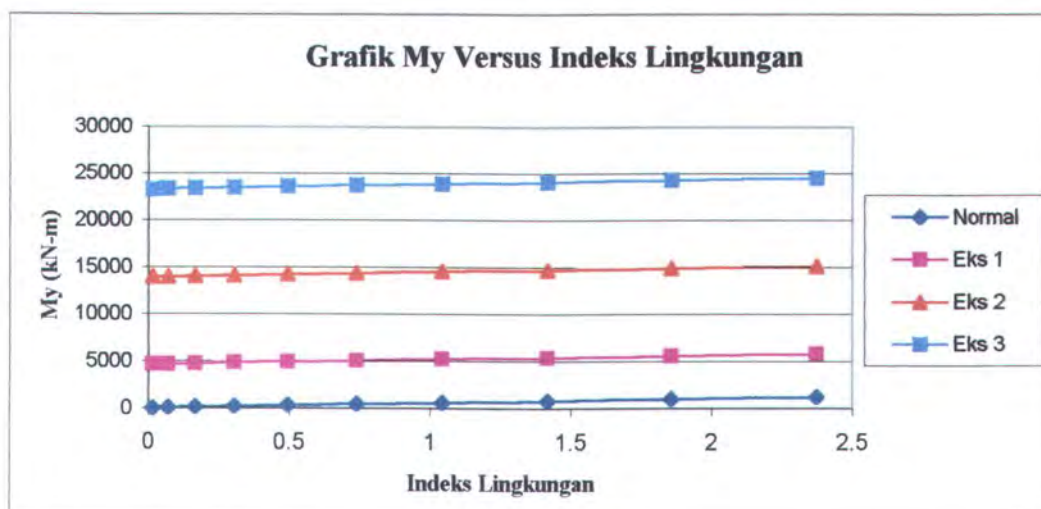
Tabel 4.3. Persentase Kenaikan Gaya Reaksi Searah Sumbu X Akibat
Eksentrisitas Terhadap Kondisi Normal

No	Sudut	E/L	Kenaikan Fx Eks Terhadap Fx Normal
1	1	0.018	74.7 %
2	3	0.052	224.12 %
3	5	0.088	374.38 %

Dari analisa di atas dapat dilihat bahwa struktur dengan pengaruh e/L terbesar yaitu 0.088 dapat mengakibatkan struktur mengalami kenaikan gaya reaksi searah sumbu x pada tumpuan sebesar 374.38%, dengan adanya kenaikan gaya reaksi ini maka akan mengakibatkan kenaikan tegangan pada struktur *jack-up*.

4.1.1.2. Moment Pada Tumpuan Searah Sumbu Y

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa pengaruh e/L terhadap moment pada struktur dengan adanya variasi tinggi gelombang mempunyai pengaruh yang besar. Kenaikan harga momen ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.2. Grafik Kenaikan Moment Versus Indeks Lingkungan Akibat
Pengaruh Eksentrisitas.



Dari gambar 4.2. dapat dilihat bahwa e/L pada tumpuan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kenaikan moment. Adapun dari hasil perhitungan dapat diketahui pada tabel 4.4 di bawah ini :

Tabel 4.4. Persentase Kenaikan Moment Searah Sumbu y Akibat *Eksentrisitas* Terhadap Kondisi Normal

No	Sudut	E/L	Kenaikan M_y Eks Terhadap M_y Normal (%)
1	1	0.018	569.22 %
2	3	0.052	1707.66 %
3	5	0.088	2852.53 %

Berdasarkan analisa di atas maka dapat diketahui bahwa kenaikan harga *eksentrisitas* sangat besar terhadap kenaikan harga moment dan ini secara langsung dapat berpengaruh terhadap kenaikan tegangan lentur yang dipengaruhi oleh moment pada struktur.

4.1.2. Respons Analisa Global

Analisa global dapat dilakukan dengan menggunakan *stick model* yang sudah *equivalent* dengan *detailed model*. *Stick model* dibuat dengan cara analisa tiga kaki, analisa ini dilakukan untuk mengetahui respons global dari struktur *jack-up*. Respons global tersebut dapat berupa stabilitas struktur.

Untuk memperoleh respons global dari struktur *jack-up* yang ditinjau, diperlukan beberapa input data seperti tabel 4.5. di bawah ini,



Tabel 4.5. Input Data Untuk Analisa Global

No.	Uraian	Satuan	Global Struktur
1	Massa Effektif (Me)	KN	11419.28
2	Modulus Young (E)	KN/m ²	2.1E+08
3	Momen Inersia Kaki	m ⁴	28.705
4	Panjang Kaki (L)	m	131.64
5	Periode Gelombang (To)	det	10.4
6	Berat Fungsional (G)	KN	89778
7	Jumlah Kaki	Buah	3
8	e/L1	Tanpa satuan	0.018
9	e/L2	Tanpa satuan	0.052
10	e/L3	Tanpa satuan	0.088

Dari input di atas yang diperoleh dari hasil out put *StruCad* dan menggunakan rumus-rumus pada *BAB II* kemudian akan dianalisa dengan menggunakan *Strucad* dan rumus-rumus yang telah ditentukan pada *BAB II* untuk mengetahui hasil respons struktur dengan menggunakan analisa global sehingga akan diketahui stabilitas strukturnya.

Dari tabel 4.6. akan dihasilkan respons analisa global yang berupa stabilitas struktur *jack-up* berupa besarnya momen pengembali struktur, *Dynamic Amplification Factor* dan *Safety Factor*.



Tabel 4.6. Respons Analisa Global

No.	URAIAN	SATUAN	Normal	Eks 1	Eks 2	Eks 3
1	Beban kritis Euler (Pe)	KN	857120.85	857120.85	857120.85	857120.85
2	Beban aksial kaki (P)	KN	20959	20959	20959	20959
3	Kekakuan sil. Krn bend. K	KN/m	7923.13	7923.13	7923.13	7923.13
4	Kekakuan efektif kaki (Ke)	KN/m	7729.39	7729.39	7729.39	7729.39
5	Periode natural (Tn)	det	7.63	7.63	7.63	7.63
6	DAF		2.129	2.129	2.129	2.129
7	Over Turning Moment (OTM)	KN.M	24043.13	24043.13	24043.13	24043.13
8	Berat fungsional (G)	KN	89778	89778	89778	89778
9	Jarak antara titik berat ke sb putar (b)	m	14.7066	14.7066	14.7066	14.7066
10	Beban aksial terkecil (Pi)	KN	31737	31737	31737	31737
11	Eksentrisitas tumpuan (eo)		0	2.298	6.9	11.519
12	Mso	KN.m	1320329.135	1320329.135	1320329.135	1320329.135
13	Moment Pengembali (Ms)		1271440.713	1060747.252	638810.2151	215314.5239
14	Safety faktor	>>1.3	52.88	44.12	26.57	8.96
15	Gaya reaksi arah X	KN	183.9	245.9	369.9	494.6
16	Gaya reaksi arah Y	KN	0	0	0	0
17	Gaya reaksi arah Z	KN	20959	20959	20959	20959
18	Momen reaksi sumbu X	KN-CM	0	0	0	0
19	Momen reaksi sumbu Y	KN-CM	-1463813.32	-2280130.16	-3912763.86	-5554614.01
20	Momen reaksi sumbu Z	KN-CM	0	0	0	0

Dari hasil analisa dapat dilihat bahwa semakin besar *eksentrisitas* maka momen pengembali struktur tersebut semakin kecil. Hal ini mengakibatkan bertambah kecilnya *safety factor*. Dengan semakin besarnya *safety factor* maka struktur memiliki stabilitas yang baik, tetapi sebaliknya apabila struktur tersebut memiliki *safety factor* yang kecil maka struktur tersebut mempunyai stabilitas yang kecil.

Berdasarkan tabel 4.6. struktur dengan e/L 0.088 memiliki stabilitas yang paling kecil dibandingkan dengan struktur dengan e/L 0.0175 dan 0.052. Kestabilan struktur tersebut bertambah kecil karena dipengaruhi oleh kenaikan gaya yang searah sumbu horizontal yang mengakibatkan bertambahnya tegangan geser dan bending pada struktur tersebut.



Untuk harga DAF dikarenakan struktur memiliki bentuk dan ukuran yang sama maka struktur tersebut memiliki harga DAF yang sama. Jadi semua struktur memiliki respons dinamis yang sama.

4.1.3. Analisa *Detailed Model* Akibat Pengaruh *Eksentrisitas* Terhadap Kekuatan Struktur.

Pada analisa *detailed model* dihitung besarnya beban gelombang yang bekerja pada struktur. Pada analisa kali ini dilakukan analisa beban gelombang terhadap variasi tinggi gelombang. Beban yang bekerja pada struktur *jack-up* hanyalah beban gelombang. Sedangkan beban yang lainnya diabaikan, karena di sini akan dilihat seberapa besar pengaruh beban gelombang terhadap kekuatan struktur *jack-up*. Adapun hasil dari analisa *detailed model* akibat pengaruh *eksentrisitas* pada kaki *jack-up* dapat dilihat pada tabel 4.7 di bawah ini :

Tabel 4.7. Persentase Kenaikan Tegangan Akibat *Eksentrisitas*

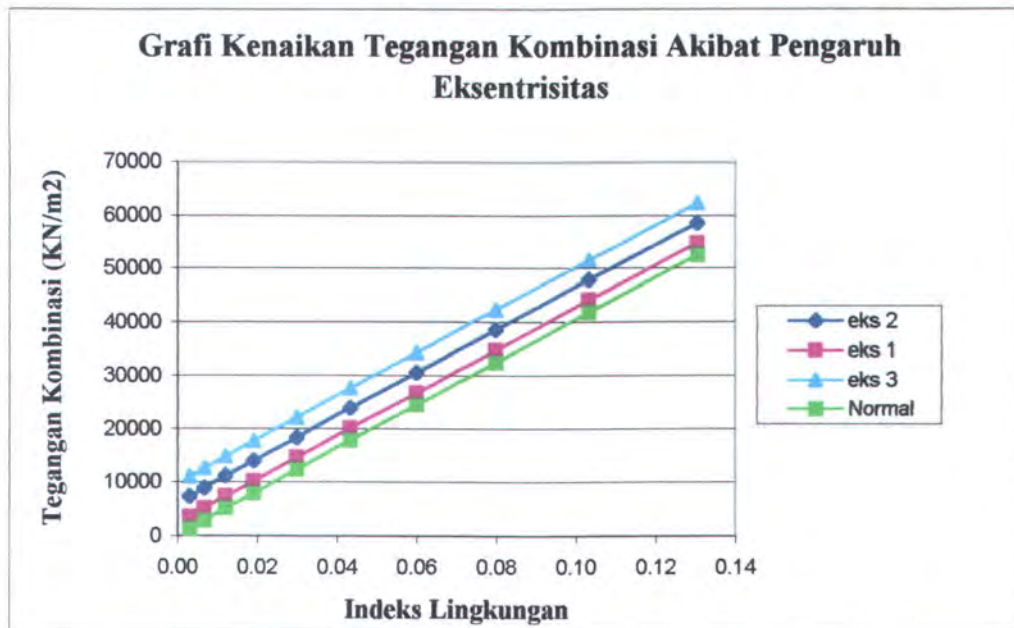
JenisRespor Struktur	Rata-rata Respons Str N Normal (KN/m2)	Eksentrisitas 1 (e/L = 0.018)		Eksentrisitas 2 (e/L = 0.052)		Eksentrisitas 3 (e/L = 0.088)	
		kN/m2	%	kN/m2	%	kN/m2	%
Teg Komb	19956.92	22241.56	37.62%	25995.9	95.6%	29713.9	160.84%
Teg Aksial	519.73	1043.01	318.56%	1155.41	387.19%	1266.03	454.58%
Teg Geser	1093.24	1183.264	27.22%	1417.74	98.06%	1589.72	150.1%
Teg Lentur	15024.01	16785.86	412.33%	20372.2	1195.6%	24031.5	2108.68%
Unity Check	0.119	0.133	12.1%	0.156	31.09%	0.19	49.66%



4.1.3.1. Tegangan Kombinasi

Respon suatu struktur dapat dilihat dari kondisi struktur dalam hal ini diwakilkan pada salah satu *member*. Dari analisa *detailed model* diperoleh respons berupa kombinasi *stress* pada *member* yang kritis. Adapun *member* yang mengalami tegangan kritis adalah pada *member* yang dibentuk oleh *joint* 70 dan 73, yang terletak pada *jacking sistem*.

Adapun grafik analisa pengaruh *eksentrisitas* dengan variasi beban gelombang yang berpengaruh pada indeks lingkungan terhadap kekuatan struktur *jack-up* dapat dilihat hasilnya pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan Kombinasi dan Indeks Lingkungan Akibat Pengaruh *Eksentrisitas*

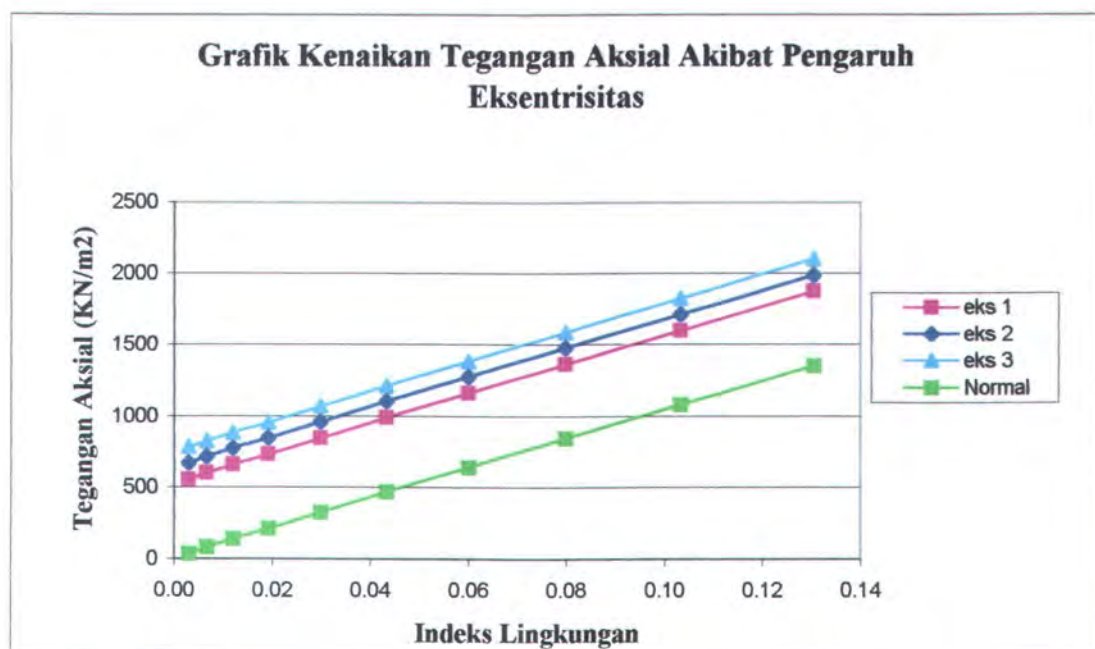
Dari grafik dapat dilihat bahwa besarnya kombinasi *stress* pada struktur tanpa *eksentrisitas* dengan struktur yang terkena *eksentrisitas* terdapat perubahan, untuk struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami perubahan tegangan kombinasi sebesar 37.68% dari kondisi struktur normal, sedangkan untuk struktur



dengan e/L sebesar 0.052 mengalami perubahan sebesar 95.6%, dan struktur dengan e/L 0.088 mengalami perubahan sebesar 160.84% dari kondisi normal.

Kenaikan tegangan kombinasi ini secara langsung dipengaruhi oleh kenaikan tegangan aksial, tegangan lentur dan tegangan geser. Dimana ketiga komponen tersebut diakibatkan karena adanya gaya-gaya yang bekerja pada struktur yaitu gaya aksial, momen pengembali, dan gaya geser struktur. Dengan adanya *eksentrisitas* ini gaya aksial, momem pengembali, momen bending dan gaya geser mengalami kenaikan sehingga mengakibatkan ketiga tegangan tersebut mengalami kenaikan.

4.1.3.2. Tegangan Aksial

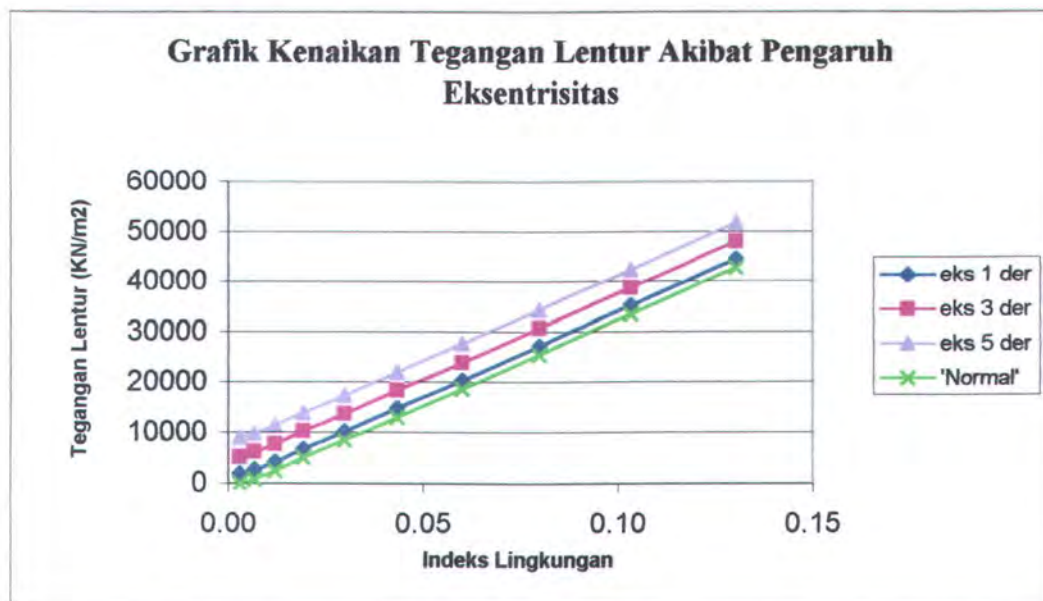


Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Tegangan Aksial dan Indeks Lingkungan akibat Pengaruh *Eksentrisitas*



Berdasarkan grafik dapat dilihat adanya kenaikan tegangan aksial diikuti dengan kenaikan indeks lingkungan. Kenaikan tegangan aksial yang diakibatkan oleh e/L sebesar 0.018 adalah 318.56%. Sedangkan kenaikan tegangan sebesar 9387.19% terjadi pada struktur dengan e/L 0.052, dan 454.58% untuk struktur dengan e/L 0.088. Dapat dilihat kenaikan tegangan aksial begitu besar karena *eksentrisitas* terjadi akibat gaya aksial sehingga tegangan aksial yang terjadi akan semakin besar.

4.1.3.3. Tegangan Lentur



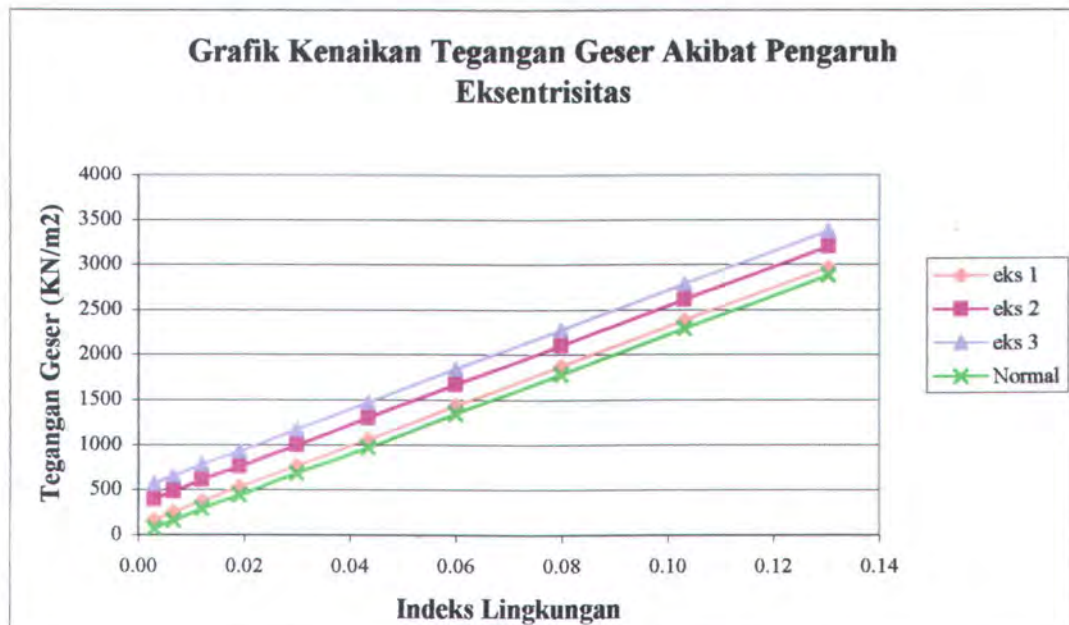
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Tegangan Lentur dan Indeks Lingkungan Akibat Pengaruh *Eksentrisitas*

Grafik memperlihatkan kenaikan tegangan lentur pada struktur yang tidak seberapa besar dibandingkan dengan kenaikan tegangan aksial, tetapi harga dari tegangan lentur sangat mempengaruhi harga dari tegangan kombinasi. Tegangan lentur yang terjadi sangat besar dibandingkan tegangan aksial yang terjadi. Untuk tegangan bending kenaikan yang terjadi sebesar 412.33% untuk struktur dengan



eksentrisitas 0.018. Sedangkan kenaikan sebesar 21.09% terjadi pada struktur dengan eksentrisitas 0.052 dan kenaikan sebesar 35.35% terjadi pada struktur dengan eksentrisitas 0.088.

4.1.3.4. Tegangan Geser



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser dan Indeks Lingkungan Akibat Pengaruh Eksentrisitas

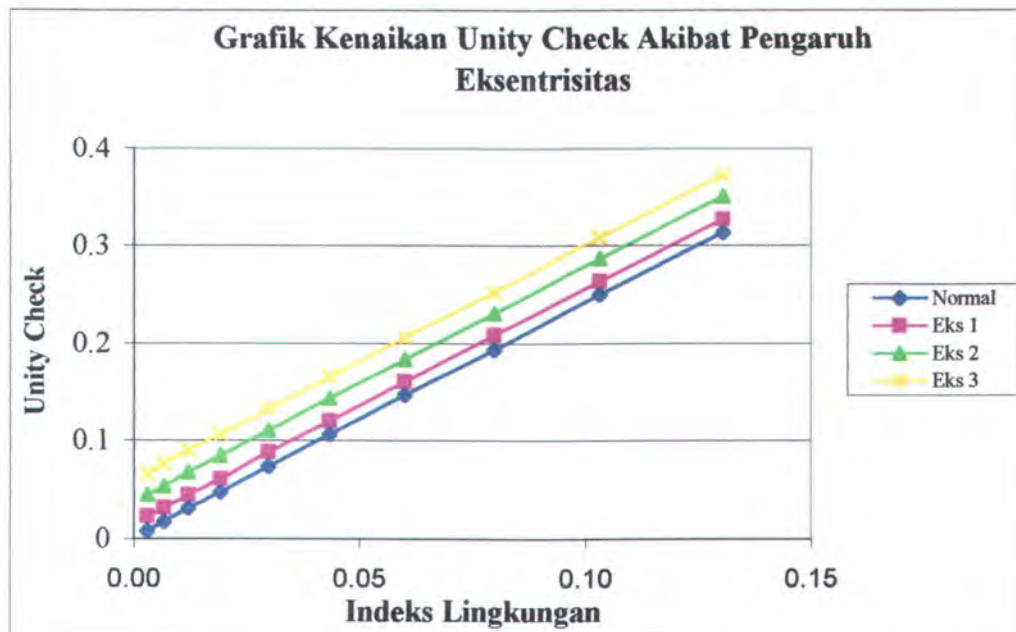
Grafik menunjukkan adanya kenaikan dari tegangan geser akibat struktur yang terkena eksentrisitas yang diikuti naiknya harga dari indeks lingkungan. Pada struktur dengan e/L 0.018 mengalami kenaikan sebesar 27.22% dari kondisi normal, untuk struktur dengan e/L 0.052 mengalami kenaikan tegangan geser sebesar 98.06% dari kondisi normal sedangkan untuk struktur dengan e/L sebesar 0.088 mengalami kenaikan tegangan geser sebesar 150.1% dari normal.

Kenaikan ini terjadi karena adanya pengaruh dari gaya geser yang terjadi pada struktur. Pada kondisi struktur dengan pengaruh eksentrisitas maka struktur



tersebut akan mengalami kenaikan gaya geser. Setiap terjadi perubahan *eksentrisitas* yang semakin besar maka gaya geser pun akan naik diikuti kenaikan pengaruh indeks lingkungan.

4.1.3.5. Unity Check



Gambar 4.7. Grafik Hubungan Antara *Unity Check* dan Indeks Lingkungan Akibat Pengaruh *Eksentrisitas*

Unity check merupakan suatu parameter untuk menentukan kondisi struktur. Karena *unity check* merupakan suatu perbandingan antara tegangan kombinasi yang terjadi pada struktur dalam hal ini *member* dan tegangan yang diijinkan menurut suatu standard yang dipakai yaitu API RP2A WSD. Semakin besar harga *unity check*nya maka kekuatan strukturnya semakin kritis, maka dari itu harga dari *unity check* ≤ 1 .

Dari grafik di atas dapat dilihat kenaikan harga *unity check* mengalami kenaikan setiap kenaikan *eksentrisitas* dan perubahan indeks lingkungan yaitu naiknya harga tinggi gelombang. Dari perhitungan dihasilkan bahwa kenaikan



unity check untuk kondisi struktur dengan pengaruh e/L 0.018 adalah 12.1% dari kondisi struktur normal. Kemudian untuk struktur dengan pengaruh e/L 0.052 mengalami perubahan sebesar 31.09% dari kondisi struktur normal, sedangkan untuk struktur dengan pengaruh e/L sebesar 0.088 mengalami perubahan *unity check* sebesar 49.66% dari kondisi struktur normal.

Kenaikan *unity check* ini diakibatkan karena adanya kenaikan tegangan kombinasi pada *member*. Pada analisa kali ini *member* yang mengalami *unity check* paling kritis yaitu pada *member* yang dibentuk oleh *joint* 70 dan 73, yang terletak pada bagian penumpu atau *jacking sistem*.

4.1.4. Analisa Tegangan Pengaruh Beban *Deck Jack Up* Satu Kaki

Di dalam pelaksanaan pemodelan *deck* merupakan suatu beban yang dianggap sebagai beban *joint*, adapun besarnya beban *deck* adalah 9151.68 ton untuk tiga kaki, sedangkan untuk tiap-tiap kaki adalah sebesar 3050.56 ton. Beban *deck* ini akan didistribusikan menjadi beban *joint* pada tiap-tiap *chord* yaitu sebesar 1016.853 ton karena struktur kaki terbentuk dari *truss* tiga *chord*. *Deck* merupakan beban vertikal yang dapat mempengaruhi perubahan tegangan struktur, karena beban *deck* adalah salah satu beban yang cukup besar.

Adapun hasil dari analisa dengan menggunakan StruCad berupa tegangan kombinasi, tegangan aksial, tegangan lentur dan *unity check* dapat dilihat pada tabel 4.8. sebagai berikut :



Tabel 4.8. Persentase Kenaikan Tegangan dan *Unity Check* Akibat Pengaruh
Eksentrisitas dan Beban *Deck*

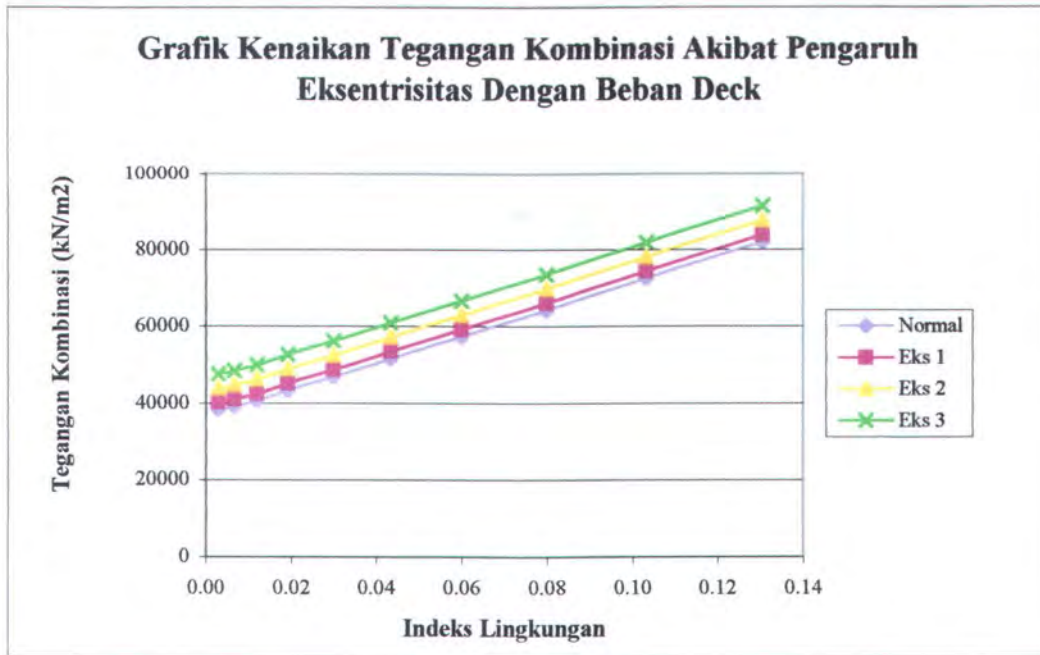
	Normal		Eks 1		Eks 2		Eks 3	
	Harga	%	Harga	%	Harga	%	Harga	%
Teg Kombinasi	53775,47	169,45%	55638,137	150,15%	59361,9	128,35%	63106,75	112,3%
Teg Aksial	34924,4	6619,72%	34979,75	3253,73%	35091,055	2937,09%	35202,85	2680,%
Teg Geser	1142,175	4,48%	1233,57	4,25%	1446,47	2,03%	1680,36	5,70%
<i>Unity Check</i>	0,374	214,29%	0,385	189,47%	0,405	159,62%	0,427	139,9%

4.1.4.1. Tegangan Kombinasi

Dari gambar di bawah ini dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan tegangan kombinasi seiring dengan adanya kenaikan indeks lingkungan. Adapun kenaikan tegangan kombinasi untuk struktur dengan adanya beban *deck* adalah sebesar 133.36% untuk e/L 0.018 dibandingkan pada saat kondisi tanpa adanya beban *deck*.

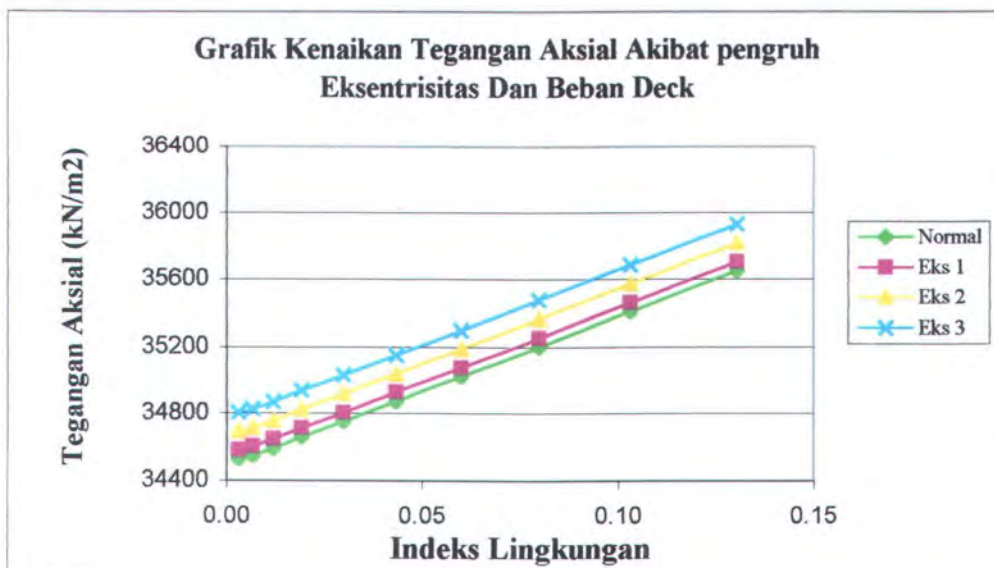
Sedangkan untuk struktur dengan e/L 0.052 mengalami kenaikan tegangan kombinasi sebesar 117.91% dari kondisi sebelumnya dan yang terakhir untuk struktur dengan e/L 0.088 mengalami kenaikan sebesar 114.09%.

Dari analisa tersebut dapat dilihat bahwa dengan adanya beban *deck* maka tegangan kombinasi pada struktur akan bertambah besar.



Gambar 4.8. Grafik Kenaikan Tegangan Kombinasi Akibat Pengaruh Eksentrisitas dan Beban Deck

4.1.4.2. Tegangan Aksial

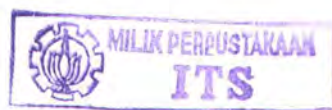


Gambar 4.9. Grafik Kenaikan Tegangan Aksial Akibat Pengaruh Eksentrisitas dan Beban Deck

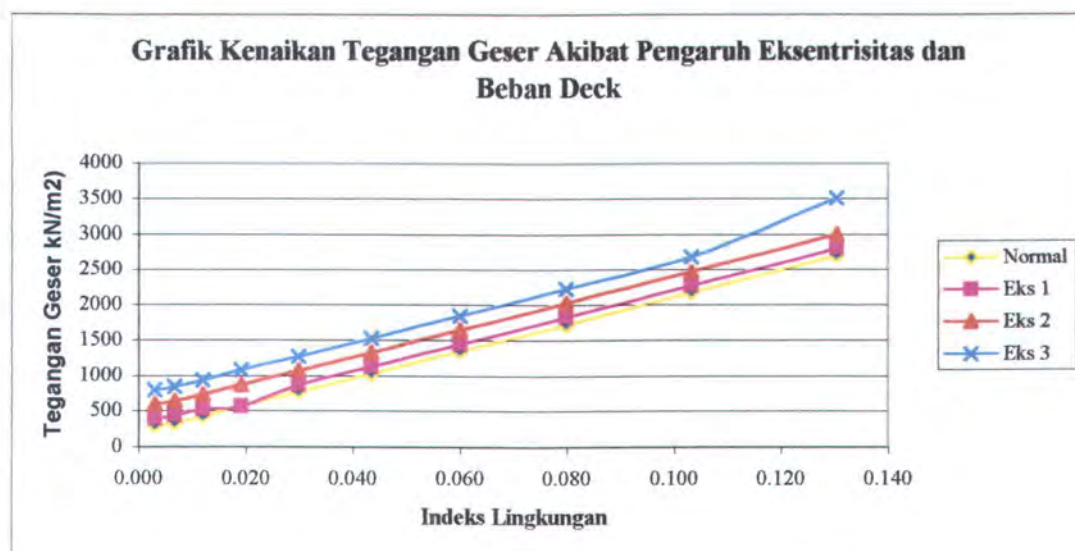


Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui bahwa tegangan aksial mengalami kenaikan yang sangat besar pada saat struktur dikenakan beban gelombang. Untuk struktur dengan e/L sebesar 0.017455 mengalami kenaikan tegangan aksial sebesar 2593.034% dari kondisi struktur tanpa dikenakan beban *deck*. Sedangkan untuk struktur dengan e/L sebesar 0.052408 mengalami kenaikan tegangan aksial sebesar 2461.506% dari kondisi struktur tanpa beban *deck*, begitu pula dengan struktur yang mengalami e/L 0.087489 mengalami kenaikan tegangan aksial sebesar 2396.894% dari kondisi semula.

Sebagaimana diketahui dari hasil analisa dengan adanya penambahan beban *deck* maka akan terjadi kenaikan tegangan aksial yang sangat besar. Karena beban *deck* merupakan beban vertikal searah Z negatif dan ini merupakan beban aksial yang secara otomatis akan meningkatkan tegangan aksial dan tegangan kombinasi struktur.



4.1.4.3. Tegangan Geser



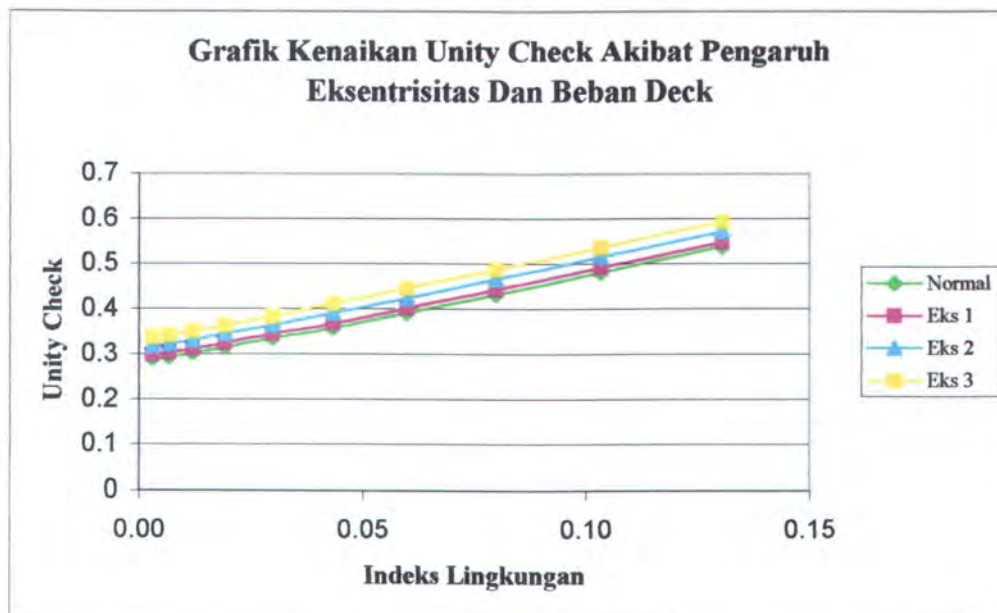
Gambar 4.10. Grafik Kenaikan Tegangan Geser Akibat Pengaruh *Eksentrisitas* dan Beban *Deck*



Pada tegangan geser mengalami kenaikan yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan tegangan aksial. Untuk struktur dengan e/L 0.017455 mengalami kenaikan tegangan geser sebesar 20.2% dari kondisi struktur tanpa beban *deck*, sedangkan untuk struktur dengan e/L 0.052408 mengalami kenaikan sebesar 17.83% dari kondisi awal. Yang terakhir untuk struktur dengan e/L sebesar 0.087489 mengalami kenaikan tegangan geser sebesar 15.9%.

Beban *deck* yang merupakan beban vertikal tidak banyak berpengaruh terhadap kenaikan tegangan geser dibandingkan dengan tegangan aksial, karena untuk tegangan geser lebih banyak dipengaruhi oleh beban yang searah dengan arah pergeseran yang biasanya adalah arah horizontal.

4.1.4.4. Unity Check



Gambar 4.11. Grafik Kenaikan *Unity Check* Akibat Pengaruh *Eksentrisitas* dan *Beban Deck*

Unity Check merupakan harga perbandingan antara tegangan kombinasi struktur dengan tegangan yang diijinkan yang nilainya harus lebih kecil dari 1.



Apabila terjadi kenaikan tegangan kombinasi maka secara langsung akan menaikkan harga dari *unity check*.

Pada analisa di atas dihasilkan bahwa terjadi kenaikan tegangan kombinasi yang cukup besar, maka harga *unity check* pun akan mengalami kenaikan. Untuk struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami kenaikan *unity check* sebesar 161.41% dari kondisi tanpa dikenakan beban *deck*, sedangkan untuk struktur dengan e/L sebesar 0.052 mengalami kenaikan *unity check* sebesar 141.97% dari kondisi awal. Untuk struktur dengan e/L 0.088 mengalami kenaikan *unity check* sebesar 127.44% dari kondisi awal.

4.2. Pembahasan

Jack-up merupakan struktur yang memiliki dimensi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan *jacket*. Ini diakibatkan *jack-up* terdiri atas tiga kaki yang terpisah dan dihubungkan oleh suatu pengikat dengan *deck*, dan tersusun atas *jacking sistem*.

Pada saat fase instalasi kaki *jack-up* akan diturunkan dengan sistem *jacking*, maka struktur terkena pengaruh beban gelombang yang mengakibatkan kaki mengalami *eksentrisitas*. Pengaruh *eksentrisitas* ini berhubungan langsung dengan kekuatan struktur *jack-up*. Sehingga pada penelitian kali ini dilakukan analisa seberapa besar pengaruh *eksentrisitas* kaki *jack-up* terhadap kekuatan struktur.

Penelitian ini menggunakan struktur Dyvi Gamma dengan jumlah kaki 3 tipe *truss 3 chord* dan *X bracing*, dimana struktur tersebut berlokasi di Norwegia North Sea. Untuk pemodelan awal *jack-up* dimodelkan dalam bentuk *stick model* satu kaki dengan menggunakan *equivalent model* dengan *detailed model* yang



mengacu pada rumusan Dyvi Gamma. Kemudian hasil gaya reaksi pada *stick model* akan dianalisa pada *detailed model*, untuk *detailed model* dimodelkan hanya untuk menganalisa satu kaki saja karena adanya keterbatasan model yang kemudian pada struktur tersebut dikenakan reaksi yang terjadi pada *stick model* sebagai beban yang mengenai struktur.

Beban yang diperhitungkan adalah beban gelombang dan *deck* untuk beban yang lainnya tidak dilakukan analisa. Hasil dari analisa pengaruh *eksentrisitas* kaki *jack-up* terhadap kekuatan struktur akibat *eksentrisitas* menunjukkan bahwa *eksentrisitas* sangat berpengaruh terhadap pertambahan tegangan bending dan tegangan geser tetapi tidak untuk tegangan aksial. Secara langsung berpengaruh terhadap kenaikan harga tegangan kombinasi. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan StruCad diketahui bahwa kenaikan tegangan kombinasi untuk struktur yang mengalami e/L 0.017455 adalah 8.73%, untuk struktur dengan pengaruh e/L 0.052408 mengalami kenaikan tegangan kombinasi sebesar 22.97% dan untuk struktur dengan pengaruh e/L 0.087489 mengalami kenaikan tegangan kombinasi sebesar 31.85%.

Besarnya tegangan kombinasi ini terjadi akibat harga tegangan lentur dan tegangan geser yang cukup besar dibandingkan dengan harga dari tegangan aksial yang terjadi. Karena tegangan aksial dipengaruhi beban aksial yang searah sumbu Z negatif. Sedangkan terjadinya *eksentrisitas* dipengaruhi oleh beban searah sumbu x ataupun sumbu y (horisontal). Jadi jelas untuk tegangan aksial pengaruh *eksentrisitas* tidak terlalu besar.



Kenaikan tegangan juga sebanding lurus dengan kenaikan indeks lingkungan, semakin tinggi gelombangnya maka kekuatan struktur semakin berkurang dan tegangan yang terjadi pada struktur semakin besar.

Berdasarkan pembahasan di atas jelas bahwa kenaikan harga tegangan dipengaruhi oleh semakin besarnya *eksentrisitas* pada kaki. Analisa kali ini menunjukan meskipun hanya dikenakan beban gelombang struktur sudah mengalami kenaikan tegangan yang cukup besar, sehingga apabila beban yang lain juga ditambahkan maka kenaikan tegangan pada struktur akan semakin besar.



BAB V

PENUTUP



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisa yang dilakukan terhadap respons struktur *Jack Up X* bracing dengan pengaruh eksentrisitas diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dengan memasukan faktor eksentriitas dalam analisa struktur kaki Jack Up didapatkan bahwa member yang mengalami tegangan paling besar adalah member yang dibentuk oleh joint 70 dan 73, yang terletak pada daerah sambungan antara kaki jack up dan deck (*jacking system*).
- b. Tegangan kombinasi pada struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami perubahan 37.68% dari kondisi struktur normal. Sedangkan struktur dengan e/L sebesar 0.052 mengalami perubahan 95.599% dan struktur dengan e/L 0.088 mengalami perubahan 160.84% dari kondisi struktur normal.
- c. Tegangan aksial pada struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami perubahan sebesar 318.56% dari kondisi struktur normal. Sedangkan struktur dengan e/L sebesar 0.052 mengalami perubahan sebesar 387.19% dan struktur dengan e/L 0.088 mengalami perubahan sebesar 454.58% dari kondisi struktur normal.
- d. Tegangan lentur pada struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami perubahan 412.33% dari kondisi struktur normal. Sedangkan struktur dengan e/L sebesar 0.052 mengalami perubahan 1195.6% dan struktur



- dengan e/L 0.088 mengalami perubahan sebesar 2108.68% dari kondisi struktur normal.
- e. Untuk tegangan geser pada struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami kenaikan sebesar 27.22% dari kondisi struktur normal. Sedangkan struktur dengan e/L sebesar 0.052 mengalami perubahan 98.06% dan struktur dengan e/L 0.088 mengalami perubahan sebesar 150.1% dari kondisi struktur normal.
- f. Harga unity check pada struktur dengan e/L sebesar 0.018 mengalami perubahan 12.1% dari kondisi struktur normal. Sedangkan struktur dengan e/L sebesar 0.052 mengalami perubahan 31.09% dan struktur dengan e/L 0.088 mengalami perubahan 49.66% dari kondisi struktur normal. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa dengan pengaruh eksentrisitas dapat mengakibatkan struktur mengalami penurunan kekuatan.
- g. Tegangan aksial pada struktur mempunyai pengaruh sebesar 3.55% pada kenaikan tegangan kombinasi. Sedangkan tegangan lentur mempunyai pengaruh sebesar 70.56% terhadap kenaikan tegangan kombinasi dan tegangan geser mempengaruhi kenaikan tegangan kombinasi sebesar 4.86% terhadap kenaikan tegangan kombinasi.
- h. Pada struktur yang dikenakan beban deck maka tegangan pada struktur akan bertambah besar. Struktur dengan pengaruh e/L sebesar 0.018 mengalami kenaikan tegangan kombinasi sebesar 150.15% dibandingkan dengan struktur tanpa pengaruh beban deck. Sedangkan struktur dengan e/L 0.052 mengalami kenaikan tegangan kombinasi sebesar 128.35% dari



kondisi tanpa beban deck dan struktur dengan e/L sebesar 0.088 mengalami kenaikan tegangan kombinasi sebesar 112.38%.

5.2. Saran

Pada analisa terakhir dilakukan analisa pengaruh beban deck. Berdasarkan hasil analisa tersebut diketahui bahwa beban vertical sangat berpengaruh pada kekuatan struktur pada struktur yang mengalami eksentrisitas. Kenaikan dari tegangan pada member kritis mengalami kenaikan sampai rata-rata 140.09% dari kondisi tanpa dipengaruhi beban deck.

Penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh beban vertikal dengan struktur yang mengalami eksentrisitas terhadap kekuatan strutur. Penelitian yang lebih lanjut ini menggunakan parameter indeks structural untuk mengetahui seberapa pengaruh beban vertikal.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping, 1980, "***Rules for Building and Classing Mobile Offshore Drilling Units***", New York 10006, USA.
- American Petroleum Institute, 1993, "***Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms***", API Recommended Practice 2A- WSD (2A-WSD) – *Working Stress Design*", First Edition, July 1993.
- American Institute of Steel Construction, 1991, "***Steel Construction Allowable Stress Design***", Chicago USA
- Chakrabarti, S.K.; 1987, "***Hydrodynamics of Offshore Structures***", Computational Mechanics Publications Southampton, Boston, USA.
- Dawson, T.H., 1983, "***Offshore Structural Engineering***", Prentice-Hall, Inc. Engelwood Cliffs, New Jersey, USA.
- Det Norske Veritas; 1983, "***Dynamics of Jack-Up Platform – Joint Industry Project***", DnV Research Division, Oslo.
- Hancox, Michael, 1993, "***Jack-Up Moving Vol. 2***", England.
- Murdjito, 1996; "***Diktat Pengantar Bangunan Lepas Pantai***", Kursus Segitiga Biru ITS – Unhas – Unpati, FTK ITS, Surabaya.
- Murdjito, 1997; "***Inovasi dalam Perancangan Jack-Up Platform untuk Perairan Dalam***", Lembaga Penelitian ITS, Surabaya.
- Popov, E.P., 1993, "***Mechanical of Materials***", Prentice Hall, Inc., Engelwood Cliffs, New Jersey, USA.

Rosyid, D.M., 1996, "*Perancangan Struktur Anjungan Lepas Pantai Filosofi, Prosedur, Model Analisis*", ITS, Surabaya.

Soedjono, J.J., 1999, "*Perancangan Sistem Bangunan Laut*", Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.



LAMPIRAN
INPUT DATA STRUCAD*3D

Analisa Stick Model Jack-Up 3 Kaki Tipe Truss 3 Chord X Bracing dengan Pengaruh Eksentrisitas

ALPID GLOBAL XY PL	10.000	10.000	
ALPID xstick	.282 .115	-.070 .171 .242	1
ALPID deck atas	44.19244.12025.47344.192	50.94544.192	
ALPID deck bawah	27.73444.12025.47327.734	50.94527.734	
ALEAT TRS 11	111		
ALJAT FIX 111111			
ALJAT PIN 111000			
ALJAT ROX 011111			
ALJAT JAA 110111			
ALJAT JAB 111			
ALJAT JAC 101111			
ALJAT JAD 11101			
ALJAT JAE 10101			

ANALISA GLOBAL STICK MODEL 3 KAKI X BRACING SYSTEM

OPTIONS	PA19	LDPT	PTPTPT
LDOPT SF	1028.	0.	-76.5 76.5
LDCase 4			
UNITI M			
GRUP STI	189.633.8793	210.	80.2300. 1

MEMBER 1	2 STI		
MEMBER 2	3 STI		
MEMBER 3	4 STI		
MEMBER 4	5 STI		
MEMBER 5	6 STI		
MEMBER 6	7 STI		
MEMBER 7	8 STI		
MEMBER 8	9 STI		
MEMBER 9	10 STI		
MEMBER 10	11 STI		
MEMBER 11	12 STI		
MEMBER 12	13 STI		
MEMBER 13	14 STI		
MEMBER 14	15 STI		
MEMBER 15	16 STI		
MEMBER 16	17 STI		
MEMBER 17	18 STI		
MEMBER 18	19 STI		
MEMBER 19	20 STI		
MEMBER 20	21 STI		
MEMBER 21	22 STI		
MEMBER 22	23 STI		
MEMBER 23	24 STI		
MEMBER 24	25 STI		

JOINT 1	.000	.000-76.500	11101
JOINT 2	.000	.000-71.014	
JOINT 3	.000	.000-65.528	
JOINT 4	.000	.000-60.042	
JOINT 5	.000	.000-54.556	
JOINT 6	.000	.000-49.070	
JOINT 7	.000	.000-43.584	
JOINT 8	.000	.000-38.098	
JOINT 9	.000	.000-32.612	
JOINT 10	.000	.000-27.126	
JOINT 11	.000	.000-21.640	
JOINT 12	.000	.000-16.154	
JOINT 13	.000	.000-10.668	
JOINT 14	.000	.000 -5.182	
JOINT 15	.000	.000 .304	
JOINT 16	.000	.000 5.790	
JOINT 17	.000	.000 11.276	
JOINT 18	.000	.000 16.762	
JOINT 19	.000	.000 22.248	
JOINT 20	.000	.000 27.734	10101
JOINT 21	.000	.000 33.220	
JOINT 22	.000	.000 38.706	
JOINT 23	.000	.000 44.192	10101
JOINT 24	.000	.000 49.678	
JOINT 25	.000	.000 55.164	110111
JOINT 26	.000	.000-81.000	11101

MASTER 011101 26 1

LOADCN 1			
LOAD 2	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 3	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 4	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 5	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 6	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 7	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 8	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 9	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 10	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 11	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 12	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 13	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 14	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 15	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 16	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 17	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 18	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 19	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 20	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 21	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 22	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 23	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD 24	-47574.	GLOB JOIN	LUMPMASS


```

LOAD      25              -47574.              GLOB JOIN    LUMPMASS
LOADCN    2
LOAD      1      -6200.0              GLOB JOIN
LOADCN    3
WAVE      STOK      8.  76.5  10.4              180.      D      0.      5.  30MM10  3
LDCCOMB   4  100.  1  100.  2  100.  3
END

```

Analisa Global Model Jack-Up 3 Kaki Tipe Truss 3 Chord X Bracing dengan Pengaruh Eksentrisitas

```

ALPID GLOBAL XY PL      10.000      10.000
ALPID xstick            .282 .115      -.070 .171 .242    1
ALPID deck atas        44.19244.12025.47344.192    50.94544.192
ALPID deck bawah      27.73444.12025.47327.734    50.94527.734
ALEAT TRS              11      111
ALJAT FIX              111111
ALJAT PIN              111000
ALJAT ROX              011111
ALJAT JAA              110111
ALJAT JAB              111
ALJAT JAC              101111
ALJAT JAD              11101
ALJAT JAE              10101

  ANALISA GLOBAL STICK MODEL 3 KAKI X BRACING SYSTEM
OPTIONS
LDOPT SF              1028.      0.      -76.5      76.5
UNITI M
GRUP STI              189.633.8793 210. 80.2300. 1      .5      0.
MEMBER 1 2 STI
MEMBER 2 3 STI
MEMBER 3 4 STI
MEMBER 4 5 STI
MEMBER 5 6 STI
MEMBER 6 7 STI
MEMBER 7 8 STI
MEMBER 8 9 STI
MEMBER 9 10 STI
MEMBER 10 11 STI
MEMBER 11 12 STI
MEMBER 12 13 STI
MEMBER 13 14 STI
MEMBER 14 15 STI
MEMBER 15 16 STI
MEMBER 16 17 STI
MEMBER 17 18 STI
MEMBER 18 19 STI
MEMBER 19 20 STI
MEMBER 20 21 STI
MEMBER 21 22 STI
MEMBER 22 23 STI
MEMBER 23 24 STI
MEMBER 24 25 STI
MEMBER 53 54 STI
MEMBER 54 55 STI
MEMBER 55 56 STI
MEMBER 56 57 STI
MEMBER 57 58 STI
MEMBER 58 59 STI
MEMBER 59 60 STI
MEMBER 60 61 STI
MEMBER 61 62 STI
MEMBER 62 63 STI
MEMBER 63 64 STI
MEMBER 64 65 STI
MEMBER 65 66 STI
MEMBER 66 67 STI
MEMBER 67 68 STI
MEMBER 68 69 STI
MEMBER 69 70 STI
MEMBER 70 71 STI
MEMBER 71 72 STI
MEMBER 72 73 STI
MEMBER 73 74 STI
MEMBER 74 75 STI
MEMBER 75 76 STI
MEMBER 76 77 STI
MEMBER 27 28 STI
MEMBER 28 29 STI
MEMBER 29 30 STI
MEMBER 30 31 STI
MEMBER 31 32 STI
MEMBER 32 33 STI
MEMBER 33 34 STI
MEMBER 34 35 STI
MEMBER 35 36 STI
MEMBER 36 37 STI
MEMBER 37 38 STI
MEMBER 38 39 STI
MEMBER 39 40 STI
MEMBER 40 41 STI
MEMBER 41 42 STI
MEMBER 42 43 STI
MEMBER 43 44 STI
MEMBER 44 45 STI
MEMBER 45 46 STI
MEMBER 46 47 STI
MEMBER 47 48 STI
MEMBER 48 49 STI
MEMBER 49 50 STI
MEMBER 50 51 STI
JOINT 1 .000 .000-76.500      11101
JOINT 2 .000 .000-71.014
JOINT 3 .000 .000-65.528
JOINT 4 .000 .000-60.042

```

JOINT	5	.000	.000-54.556	
JOINT	6	.000	.000-49.070	
JOINT	7	.000	.000-43.584	
JOINT	8	.000	.000-38.098	
JOINT	9	.000	.000-32.612	
JOINT	10	.000	.000-27.126	
JOINT	11	.000	.000-21.640	
JOINT	12	.000	.000-16.154	
JOINT	13	.000	.000-10.668	
JOINT	14	.000	.000 -5.182	
JOINT	15	.000	.000 .304	
JOINT	16	.000	.000 5.790	
JOINT	17	.000	.000 11.276	
JOINT	18	.000	.000 16.762	
JOINT	19	.000	.000 22.248	
JOINT	20	.000	.000 27.734	10101
JOINT	21	.000	.000 33.220	
JOINT	22	.000	.000 38.706	
JOINT	23	.000	.000 44.192	10101
JOINT	24	.000	.000 49.678	
JOINT	25	.000	.000 55.164	110111
JOINT	26	.000	.000-81.000	11101
JOINT	53	44.120	25.473-76.500	011101
JOINT	54	44.120	25.473-71.014	
JOINT	55	44.120	25.473-65.528	
JOINT	56	44.120	25.473-60.042	
JOINT	57	44.120	25.473-54.556	
JOINT	58	44.120	25.473-49.070	
JOINT	59	44.120	25.473-43.584	
JOINT	60	44.120	25.473-38.098	
JOINT	61	44.120	25.473-32.612	
JOINT	62	44.120	25.473-27.126	
JOINT	63	44.120	25.473-21.640	
JOINT	64	44.120	25.473-16.154	
JOINT	65	44.120	25.473-10.668	
JOINT	66	44.120	25.473 -5.182	
JOINT	67	44.120	25.473 .304	
JOINT	68	44.120	25.473 5.790	
JOINT	69	44.120	25.473 11.276	
JOINT	70	44.120	25.473 16.762	
JOINT	71	44.120	25.473 22.248	
JOINT	72	44.120	25.473 27.734	10101
JOINT	73	44.120	25.473 33.220	
JOINT	74	44.120	25.473 38.706	
JOINT	75	44.120	25.473 44.192	10101
JOINT	76	44.120	25.473 49.678	
JOINT	77	44.120	25.473 55.164	10101
JOINT	78	44.120	25.473-81.000	11101
JOINT	27	.000	50.945-76.500	11101
JOINT	28	.000	50.945-71.014	
JOINT	29	.000	50.945-65.528	
JOINT	30	.000	50.945-60.042	
JOINT	31	.000	50.945-54.556	
JOINT	32	.000	50.945-49.070	
JOINT	33	.000	50.945-43.584	
JOINT	34	.000	50.945-38.098	
JOINT	35	.000	50.945-32.612	
JOINT	36	.000	50.945-27.126	
JOINT	37	.000	50.945-21.640	
JOINT	38	.000	50.945-16.154	
JOINT	39	.000	50.945-10.668	
JOINT	40	.000	50.945 -5.182	
JOINT	41	.000	50.945 .304	
JOINT	42	.000	50.945 5.790	
JOINT	43	.000	50.945 11.276	
JOINT	44	.000	50.945 16.762	
JOINT	45	.000	50.945 22.248	
JOINT	46	.000	50.945 27.734	10101
JOINT	47	.000	50.945 33.220	
JOINT	48	.000	50.945 38.706	
JOINT	49	.000	50.945 44.192	10101
JOINT	50	.000	50.945 49.678	
JOINT	51	.000	50.945 55.164	110111
JOINT	52	.000	50.945-81.000	11101
JOINT	79	14.707	25.473 44.192	
JOINT	80	14.707	25.473 27.734	
MASTER		011101	26 1	
MASTER		011101	52 27	
MASTER		011101	78 53	
MASTER		011101	79 23 49 75	
MASTER		010101	80 20 46 72	
LOADCN	1			
LOAD	2		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	3		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	4		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	5		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	6		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	7		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	8		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	9		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	10		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	11		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	12		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	13		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	14		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	15		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	16		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	17		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	18		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	19		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	20		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	21		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	22		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS
LOAD	23		-47574.	GLOB JOIN LUMPMASS

LOAD	24		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	25		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	54		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	55		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	56		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	57		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	58		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	59		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	60		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	61		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	62		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	63		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	64		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	65		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	66		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	67		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	68		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	69		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	70		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	71		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	72		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	73		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	74		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	75		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	76		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	77		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	28		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	29		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	30		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	31		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	32		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	33		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	34		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	35		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	36		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	37		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	38		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	39		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	40		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	41		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	42		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	43		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	44		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	45		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	46		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	47		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	48		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	49		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	50		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOAD	51		-47574.			GLOB JOIN	LUMPMASS
LOADCN	2						
LOAD	1	-6200.0				GLOB JOIN	
LOAD	53	-6200.0				GLOB JOIN	
LOAD	27	-6200.0				GLOB JOIN	
LOADCN	3						
WAVE	STOK	8.	76.5	10.4	180.	D	0.
LOADCN	4						
LOAD	79			-9.15E6			GLOB JOIN
LD COMB	5	100.	1	100.	2	100.	3
END							

MEMBER	50	53	CHO	
MEMBER	53	56	CHO	
MEMBER	56	59	CHO	
MEMBER	59	62	CHO	
MEMBER	62	65	CHO	
MEMBER	65	68	CHO	
MEMBER	68	71	CHO	
MEMBER	71	74	CHO	
MEMBER	73	74	HBR	
MEMBER	74	75	HBR	
MEMBER	75	73	HBR	
MEMBER	1	2	HBR	
MEMBER	2	3	HBR	
MEMBER	3	1	HBR	
MEMBER2	73	99	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	4	76	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	7	77	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	10	78	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	13	79	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	16	80	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	19	81	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	22	82	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	25	83	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	28	84	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	31	85	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	34	86	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	37	87	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	40	88	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	43	89	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	46	90	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	49	91	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	52	92	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	55	93	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	58	94	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	61	95	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	64	96	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	67	97	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	70	98	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	74	99	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	71	98	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	68	97	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	65	96	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	62	95	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	59	94	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	56	93	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	53	92	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	50	91	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	47	90	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	44	89	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	41	88	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	38	87	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	35	86	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	32	85	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	29	84	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	26	83	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	23	82	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	20	81	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	17	80	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000
MEMBER2	14	79	DBR	
MEMBER OFFSETS				38.000

MEMBER2 11 78 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 8 77 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 5 76 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 70 99 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 1 76 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 4 77 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 7 78 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 10 79 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 13 80 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 16 81 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 19 82 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 22 83 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 25 84 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 28 85 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 31 86 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 34 87 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 37 88 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 40 89 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 43 90 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 46 91 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 49 92 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 52 93 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 55 94 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 58 95 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 61 96 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 64 97 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 67 98 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 71 99 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 68 98 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 65 97 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 62 96 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 59 95 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 56 94 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 53 93 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 50 92 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 47 91 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 44 90 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 41 89 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 38 88 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 35 87 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 32 86 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 29 85 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 26 84 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 23 83 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 20 82 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 17 81 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 14 80 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 11 79 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 8 78 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 5 77 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 2 76 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 74 123 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000



MEMBER2 5 100 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 8 101 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 11 102 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 14 103 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 17 104 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 20 105 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 23 106 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 26 107 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 29 108 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 32 109 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 35 110 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 38 111 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 41 112 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 44 113 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 47 114 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 50 115 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 53 116 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 56 117 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 59 118 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 62 119 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 65 120 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 68 121 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 71 122 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 75 123 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 72 122 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 69 121 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 63 119 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 60 118 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 57 117 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 54 116 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 51 115 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 48 114 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 45 113 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 42 112 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 39 111 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 36 110 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 33 109 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 30 108 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 27 107 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 24 106 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 21 105 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 18 104 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 15 103 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 12 102 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 9 101 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 6 100 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 71 123 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 2 100 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 5 101 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 8 102 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 11 103 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 14 104 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000

MEMBER2 17 105 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 20 106 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 23 107 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 26 108 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 29 109 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 32 110 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 35 111 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 38 112 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 41 113 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 44 114 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 47 115 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 50 116 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 53 117 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 56 118 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 59 119 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 62 120 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 65 121 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 68 122 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 72 123 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 69 122 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 63 120 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 60 119 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 57 118 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 54 117 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 51 116 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 48 115 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 45 114 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 42 113 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 39 112 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 36 111 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 33 110 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 30 109 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 27 108 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 24 107 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 21 106 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 18 105 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 15 104 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 12 103 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 9 102 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 6 101 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 3 100 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 75 147 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 6 124 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 9 125 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 12 126 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 15 127 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 18 128 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 21 129 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 24 130 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 27 131 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 30 132 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 33 133 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000

MEMBER2 36 134 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 39 135 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 42 136 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 45 137 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 48 138 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 51 139 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 54 140 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 57 141 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 60 142 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 63 143 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 69 145 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 72 146 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 73 147 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 70 146 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 67 145 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 64 144 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 61 143 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 58 142 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 55 141 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 52 140 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 49 139 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 46 138 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 43 137 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 40 136 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 37 135 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 34 134 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 31 133 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 28 132 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 25 131 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 22 130 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 19 129 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 16 128 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 13 127 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 10 126 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 7 125 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 4 124 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 72 147 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 3 124 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 6 125 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 9 126 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 12 127 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 15 128 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 18 129 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 21 130 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 24 131 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 27 132 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 30 133 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 33 134 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 36 135 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 39 136 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 42 137 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 45 138 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000

MEMBER2 48 139 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 51 140 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 54 141 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 57 142 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 60 143 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 63 144 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 69 146 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 70 147 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 67 146 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 64 145 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 61 144 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 58 143 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 55 142 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 52 141 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 49 140 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 46 139 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 43 138 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 40 137 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 37 136 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 34 135 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 31 134 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 28 133 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 25 132 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 22 131 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 19 130 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 16 129 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 13 128 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 10 127 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 7 126 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 4 125 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER2 1 124 DBR	
MEMBER OFFSETS	38.000
MEMBER 120 66 DBR	
MEMBER 66 121 DBR	
MEMBER 144 66 DBR	
MEMBER 66 145 DBR	
MEMBER 63 66 CHO	
MEMBER 66 69 CHO	
JOINT 1 .000 .000-76.500	011111
JOINT 2 9.239 -5.334-76.500	011111
JOINT 3 9.239 5.334-76.500	011111
JOINT 4 .000 .000-71.014	
JOINT 5 9.239 -5.334-71.014	
JOINT 6 9.239 5.334-71.014	
JOINT 7 .000 .000-65.528	
JOINT 8 9.239 -5.334-65.528	
JOINT 9 9.239 5.334-65.528	
JOINT 10 .000 .000-60.042	
JOINT 11 9.239 -5.334-60.042	
JOINT 12 9.239 5.334-60.042	
JOINT 13 .000 .000-54.556	
JOINT 14 9.239 -5.334-54.556	
JOINT 15 9.239 5.334-54.556	
JOINT 16 .000 .000-49.070	
JOINT 17 9.239 -5.334-49.070	
JOINT 18 9.239 5.334-49.070	
JOINT 19 .000 .000-43.584	
JOINT 20 9.239 -5.334-43.584	
JOINT 21 9.239 5.334-43.584	
JOINT 22 .000 .000-38.098	
JOINT 23 9.239 -5.334-38.098	
JOINT 24 9.239 5.334-38.098	
JOINT 25 .000 .000-32.612	
JOINT 26 9.239 -5.334-32.612	
JOINT 27 9.239 5.334-32.612	
JOINT 28 .000 .000-27.126	
JOINT 29 9.239 -5.334-27.126	
JOINT 30 9.239 5.334-27.126	
JOINT 31 .000 .000-21.640	
JOINT 32 9.239 -5.334-21.640	
JOINT 33 9.239 5.334-21.640	
JOINT 34 .000 .000-16.154	
JOINT 35 9.239 -5.334-16.154	
JOINT 36 9.239 5.334-16.154	

JOINT	37	.000	.000-10.668
JOINT	38	9.239	-5.334-10.668
JOINT	39	9.239	5.334-10.668
JOINT	40	.000	.000 -5.182
JOINT	41	9.239	-5.334 -5.182
JOINT	42	9.239	5.334 -5.182
JOINT	43	.000	.000 .304
JOINT	44	9.239	-5.334 .304
JOINT	45	9.239	5.334 .304
JOINT	46	.000	.000 5.790
JOINT	47	9.239	-5.334 5.790
JOINT	48	9.239	5.334 5.790
JOINT	49	.000	.000 11.276
JOINT	50	9.239	-5.334 11.276
JOINT	51	9.239	5.334 11.276
JOINT	52	.000	.000 16.762
JOINT	53	9.239	-5.334 16.762
JOINT	54	9.239	5.334 16.762
JOINT	55	.000	.000 22.248
JOINT	56	9.239	-5.334 22.248
JOINT	57	9.239	5.334 22.248
JOINT	58	.000	.000 27.734
JOINT	59	9.239	-5.334 27.734
JOINT	60	9.239	5.334 27.734
JOINT	61	.000	.000 33.220
JOINT	62	9.239	-5.334 33.220
JOINT	63	9.239	5.334 33.220
JOINT	64	.000	.000 38.706
JOINT	65	9.239	-5.334 38.706
JOINT	67	.000	.000 44.192
JOINT	68	9.239	-5.334 44.192
JOINT	69	9.239	5.334 44.192
JOINT	70	.000	.000 49.678
JOINT	71	9.239	-5.334 49.678
JOINT	72	9.239	5.334 49.678
JOINT	73	.000	.000 55.164
JOINT	74	9.239	-5.334 55.164
JOINT	75	9.239	5.334 55.164
JOINT	76	4.619	-2.667-73.757
JOINT	77	4.619	-2.667-68.271
JOINT	78	4.619	-2.667-62.785
JOINT	79	4.619	-2.667-57.299
JOINT	80	4.619	-2.667-51.813
JOINT	81	4.619	-2.667-46.327
JOINT	82	4.619	-2.667-40.841
JOINT	83	4.619	-2.667-35.355
JOINT	84	4.619	-2.667-29.869
JOINT	85	4.619	-2.667-24.383
JOINT	86	4.619	-2.667-18.897
JOINT	87	4.619	-2.667-13.411
JOINT	88	4.619	-2.667 -7.925
JOINT	89	4.619	-2.667 -2.439
JOINT	90	4.619	-2.667 3.047
JOINT	91	4.619	-2.667 8.533
JOINT	92	4.619	-2.667 14.019
JOINT	93	4.619	-2.667 19.505
JOINT	94	4.619	-2.667 24.991
JOINT	95	4.619	-2.667 30.477
JOINT	96	4.619	-2.667 35.963
JOINT	97	4.619	-2.667 41.449
JOINT	98	4.619	-2.667 46.935
JOINT	99	4.619	-2.667 52.421
JOINT	100	9.239	.000-73.757
JOINT	101	9.239	.000-68.271
JOINT	102	9.239	.000-62.785
JOINT	103	9.239	.000-57.299
JOINT	104	9.239	.000-51.813
JOINT	105	9.239	.000-46.327
JOINT	106	9.239	.000-40.841
JOINT	107	9.239	.000-35.355
JOINT	108	9.239	.000-29.869
JOINT	109	9.239	.000-24.383
JOINT	110	9.239	.000-18.897
JOINT	111	9.239	.000-13.411
JOINT	112	9.239	.000 -7.925
JOINT	113	9.239	.000 -2.439
JOINT	114	9.239	.000 3.047
JOINT	115	9.239	.000 8.533
JOINT	116	9.239	.000 14.019
JOINT	117	9.239	.000 19.505
JOINT	118	9.239	.000 24.991
JOINT	119	9.239	.000 30.477
JOINT	120	9.239	.000 35.963
JOINT	121	9.239	.000 41.449
JOINT	122	9.239	.000 46.935
JOINT	123	9.239	.000 52.421
JOINT	124	4.619	2.667-73.757
JOINT	125	4.619	2.667-68.271
JOINT	126	4.619	2.667-62.785
JOINT	127	4.619	2.667-57.299
JOINT	128	4.619	2.667-51.813
JOINT	129	4.619	2.667-46.327
JOINT	130	4.619	2.667-40.841
JOINT	131	4.619	2.667-35.355
JOINT	132	4.619	2.667-29.869
JOINT	133	4.619	2.667-24.383
JOINT	134	4.619	2.667-18.897
JOINT	135	4.619	2.667-13.411
JOINT	136	4.619	2.667 -7.925
JOINT	137	4.619	2.667 -2.439
JOINT	138	4.619	2.667 3.047
JOINT	139	4.619	2.667 8.533
JOINT	140	4.619	2.667 14.019
JOINT	141	4.619	2.667 19.505

110111
110111
110111


```

JOINT 142 4.619 2.667 24.991
JOINT 143 4.619 2.667 30.477
JOINT 144 4.619 2.667 35.963
JOINT 145 4.619 2.667 41.449
JOINT 146 4.619 2.667 46.935
JOINT 147 4.619 2.667 52.421
JOINT 148 5.334 3.080 44.192
JOINT 149 6.159 .000-81.000
JOINT 150 5.334 3.080 27.734
JOINT 66 9.239 5.334 38.706
JOINT 151 5.334 3.080 55.164
CDM 76.2 2.08 0. 2. 0.
CDM 64.8 0.8 0. 2. 0.
CDM 25.407 0.8 0. 2. 0.
MASTER 011111 149 1 2 3
MASTER 110111 151 73 74 75
LOADCN 1
DEAD -Z
LOADCN 2
WAVE STOK 8. 76.5 10.4 180. D 0. 30. 12MM10 1
LOADCN 3
LOAD 1 -2066.7 1.580E7
LOAD 2 -2066.7 1.580E7
LOAD 3 -2066.7 1.580E7
LDCCOMB 4 100. 1 100. 2 100. 3
END

```

Conversion Calculation from Detailed Model to Stick Model

Model : X - Brace

Main Diameter (D) :

D Chord	=	761.99
D Hor. Brace	=	648.5 mm
D Dia. Brace	=	250.0754 mm

Member's Length (l) :

l Chord	=	5486 mm / bay
l Hor. Brace	=	10668 mm / bay
l Dia. Brace	=	5997.967 mm / bay

Material Property :

Material Name	=	High Strength Low Alloy ASTM A572 Grade 65
Young's Modulus (E)	=	2.01E+10 Pa
Shear's Modulus (G)	=	7.44E+11 Pa
Poisson's Ratio (v)	=	0.32
Mass Density (ρ)	=	7835 kg/m ³
Reference Temp.	=	21 C
Expansion Coeff. (α)	=	1.19E-05 per C
Tension Stress	=	1.45E+10 Pa
Comp. Stress	=	1.62E+10 Pa
Shear Stress	=	11.0548 Pa
Yield Stress	=	65 Ksi

Wall thickness (t) :

D Chord	=	152.4 mm
D Hor. Brace	=	81 mm
D Dia. Brace	=	31.67816 mm

Slenderness Ratio Parameter (ABS-MODU 1980) :

kl/r Chord	20.56993
kl/r Hor. Brace	47.03704
kl/r Dia. Brace	67.44342
Eff. Length Factor (k)	1
Unsupp.Col.Length (l)	(based from data)
Radius of Gyration (r)	: 0.35 * D

Equivalent Parameters :

Total Proj. Area (AT)	2.826035 m ²
Equivalent Diameter (Dq)	1.897378 m
Equivalent Inertia Moment	0.026652 m ⁴
Equivalent Area (Aq)	0.379477 m ²
Equivalent Wallthickness (tq)	= 0.038793 m

Coeff. Drag of Chord

Arah 90 derajat	3.3675
Arah 45 derajat	2.0837

Projected Area (A) :

A Chord	0.497704
A Hor. Brace	0.640984
A Dia. Brace	0.111074

Cross-Sectional Area (A) :

A Chord	0.36464
A Hor. Brace	0.164815
A Dia. Brace	0.025273

D/t Ratio :

D/t Chord	:	5
D/t Hor. Brace	=	8
D/t Dia. Brace	=	8.020523

dengan menggunakan software STRUCAD maka didapatkan gaya arus sebesar:

Fx	2250 kg
Fy	0 kg
Fz	-1.54 kg

gaya resultan Fx & Fz : 2250 kg
FR = 22.0725 kN

dengan menggunakan rumus Drag force per unit panjang:

$$FR/l_n = 0,5 \rho CD Deq Vc^2$$

maka didapatkan nilai CD ekuivalen sebesar :

$$CD_{eq} = 4.127847$$



LAMPIRAN
OUTPUT DATA STRUCAD*3D

DEAD LOAD GENERATION FOR GLOBAL ANALYSIS

Gravity Direction	-Z
Water Depth (M)	76.50
Mudline Elevation (M)	-76.50
Water Density (KG/M ³)	1028.00
Flood Override	
Dead Weight In Air (KG) ...	1259484.000
Buoyancy Load (KG)	95040.440
Net Gravity Load (KG)	1164448.000

ANALYSIS OF JACK UP LEG WITH X BRACING SYSTEM DETAILED MODEL

*** Member Detail Report ***

Member	GRP	Load	Dist	Force	*Bending Moment*	*Shear Force*	Torsion	Axial	Bending	Stress	Comb.	Shear	Max
JA- JB	ID	Case	From End (M)	Fx (KG)	My Mz (KG-CM) --/	Fy Fz (KG) -/ (KG-CM)	Mx (KG-CM)	Stress	Y Z (KG/CM^2)	Stress	Stress	Stress	Comb. Unity Check
52- 55 CHO	2	2	.0106866.40	759.3	100477.5	-62.51 -78	899.2	36.62	-.02	2.66	39.27	.05	.028
	2	2	5.5106866.40	332.7	66183.4	-62.51 -78	899.2	36.62	-.01	1.75	38.37	.05	.028
55- 58 CHO	2	2	.0 83898.37	266.7	94522.6	-115.35 -8.39	790.4	28.75	-.01	2.50	31.25	.09	.022
	2	2	5.5 83898.37	-4334.1	31244.1	-115.35 -8.39	790.4	28.75	.11	.83	29.58	.09	.022
58- 61 CHO	2	2	.0 60808.81	-4474.0	59645.4	-40.00 32.00	580.9	20.83	.12	1.58	22.42	.04	.016
	2	2	5.5 60808.81	13083.6	37700.8	-40.00 32.00	580.9	20.83	-.35	1.00	21.89	.04	.016
61- 64 CHO	2	2	.0 38086.64	13108.9	65046.1	67.41 -23.60	129.4	13.05	-.35	1.72	14.80	.05	.010
	2	2	5.5 38086.64	160.0	102025.8	67.41 -23.60	129.4	13.05	.00	2.70	15.75	.05	.011
64- 67 CHO	2	2	.0 15399.18	206.0	136853.0	-1142.59 -24.17	443.0	5.28	-.01	3.62	8.90	.79	.006
	2	2	5.5 15399.18	-13051.0	-489970.0	-1142.59 -24.17	443.0	5.28	.35	-12.96	18.24	.79	.011
67- 70 CHO	2	2	.0-11134.63	-13156.8	-480626.7	4054.02 33.27	772.1	-3.82	.35	-12.71	-16.53	2.79	.010
	2	2	5.5-11134.63	5095.1	1743406.0	4054.02 33.27	772.1	-3.82	-.13	46.11	-49.93	2.79	.030
70- 73 CHO	2	2	.0-20070.46	4973.4	1876762.0	-21330.66 -10.81	756.4	-6.88	-.13	49.64	-56.52	14.63	.034
	2	2	5.5-20070.46	-958.2	-9825237.0	-21330.66 -10.81	756.4	-6.88	.03	-259.87	-266.75	14.63	.156
3- 6 CHO	2	2	.0-117201.6	117631.5	80712.0	293.10 -342.76	-67747.4	-40.16	-3.11	2.13	-43.93	1.20	.033
	2	2	5.5-117201.6	-70405.5	240591.0	289.62 -342.76	-67747.4	-40.16	1.86	6.36	-46.79	1.20	.035
6- 9 CHO	2	2	.0-117426.3	-69988.3	242626.0	-107.32 140.18	-70473.3	-40.23	1.85	6.42	-46.91	1.05	.035
	2	2	5.5-117426.3	6917.0	182457.8	-112.44 140.18	-70473.3	-40.23	-.18	4.83	-45.06	1.06	.034
9- 12 CHO	2	2	.0-117360.9	6358.5	185540.7	-15.56 -.82	-76865.7	-40.21	-.17	4.91	-45.12	1.03	.034
	2	2	5.5-117360.9	5907.4	174832.5	-24.27 -.82	-76865.7	-40.21	-.16	4.62	-44.84	1.03	.034
12- 15 CHO	2	2	.0-117218.3	6540.9	178508.6	16.51 -17.29	-87281.0	-40.16	-.17	4.72	-44.89	1.17	.034
	2	2	5.5-117218.3	-2943.1	183754.8	1.21 -17.29	-87281.0	-40.16	.08	4.86	-45.02	1.17	.034
15- 18 CHO	2	2	.0-117042.1	-1796.7	188429.2	-.78 1.82	-101904.7	-40.10	.05	4.98	-45.09	1.35	.034
	2	2	5.5-117042.1	-798.0	181394.2	-27.15 1.82	-101904.7	-40.10	.02	4.80	-44.90	1.37	.034
18- 21 CHO	2	2	.0-116767.7	981.4	187467.7	6.23 -3.30	-120394.7	-40.01	-.03	4.96	-44.97	1.60	.034
	2	2	5.5-116767.7	-827.8	179729.2	-38.15 -3.30	-120394.7	-40.01	.02	4.75	-44.76	1.62	.033
21- 24 CHO	2	2	.0-116360.4	1895.6	187632.2	17.79 -6.56	-142199.5	-39.87	-.05	4.96	-44.83	1.89	.033
	2	2	5.5-116360.4	-1702.3	178902.6	-55.56 -6.56	-142199.5	-39.87	.05	4.73	-44.60	1.92	.033
24- 27 CHO	2	2	.0-115762.2	2315.4	189216.7	32.91 -8.66	-166053.6	-39.66	-.06	5.00	-44.67	2.22	.033
	2	2	5.5-115762.2	-2437.9	177146.8	-86.24 -8.66	-166053.6	-39.66	.06	4.69	-44.35	2.26	.033
27- 30 CHO	2	2	.0-114879.9	3420.6	190667.2	58.25 -11.88	-189444.4	-39.36	-.09	5.04	-44.40	2.55	.033
	2	2	5.5-114879.9	-3094.9	174306.0	-132.42 -11.88	-189444.4	-39.36	.08	4.61	-43.97	2.60	.033
30- 33 CHO	2	2	.0-113575.2	5462.4	192086.9	101.92 -18.74	-207663.0	-38.91	-.14	5.08	-44.00	2.82	.033
	2	2	5.5-113575.2	-4820.3	171435.7	-199.65 -18.74	-207663.0	-38.91	.13	4.53	-43.45	2.88	.032

ANALYSIS OF JACK UP LEG WITH X BRACING SYSTEM DETAILED MODEL WITH 1ST EKSENTRISITY

* * * Member Detail Report * * *

Member	GRP	Load	Dist	Force	*Bending Moment*	*Shear Force*	Torsion	Axial	Bending	Stress	Comb.	Shear	Max	
JA- JB	ID	Case	From End (M)	Fx (KG)	My Mz (KG-CM) --/	Fy Fz (KG) --/	Mx (KG-CM) --/	Stress Y	Y Z (KG/CM^2)	Stress Z	Stress	Stress	Comb. Unity Check	
52- 55 CHO	4	4	.0-13717.57	927.4	5914.6	297.03	-1.22	895.8	-4.70	-.02	.16	-4.86	.22	.004
	4	4	5.5-1142.03	258.1	168864.6	297.03	-1.22	895.8	-.39	-.01	4.47	-4.86	.22	.003
55- 58 CHO	4	4	.0-21428.75	190.5	-1470.9	242.75	-8.93	782.1	-7.34	-.01	-.04	-7.38	.18	.006
	4	4	5.5-8853.21	-4708.6	131699.4	242.75	-8.93	782.1	-3.03	.12	3.48	-6.52	.18	.004
58- 61 CHO	4	4	.0-29276.99	-4863.3	-38629.6	328.65	36.59	563.3	-10.03	.13	-1.02	-11.06	.23	.008
	4	4	5.5-16701.44	15210.6	141668.0	328.65	36.59	563.3	-5.72	-.40	3.75	-9.49	.23	.007
61- 64 CHO	4	4	.0-36710.45	15644.3	-29050.6	426.41	-28.81	83.4	-12.58	-.41	-.77	-13.45	.29	.010
	4	4	5.5-24134.92	-159.1	204876.7	426.41	-28.81	83.4	-8.27	.00	5.42	-13.69	.29	.009
64- 67 CHO	4	4	.0-44156.63	724.8	42903.0	-853.94	-29.77	392.6	-15.13	-.02	1.13	-16.26	.59	.012
	4	4	5.5-31581.10	-15609.3	-425570.1	-853.94	-29.77	392.6	-10.82	.41	-11.26	-22.08	.59	.015
67- 70 CHO	4	4	.0-55657.74	-15276.4	-615838.4	4744.93	38.29	746.4	-19.07	.40	-16.29	-35.36	3.26	.024
	4	4	5.5-43082.20	5730.8	1987233.0	4744.93	38.29	746.4	-14.76	-.15	52.56	-67.32	3.26	.042
70- 73 CHO	4	4	.0-48226.35	5598.6	1930216.0	-22666.18	-13.47	732.7	-16.52	-.15	51.05	-67.58	15.54	.042
	4	4	5.5-35650.81	-1788.6	-10504450.0	-22666.18	-13.47	732.7	-12.21	.05	-277.84	-290.05	15.54	.170
3- 6 CHO	4	4	.0-503736.3	635414.2	396796.1	-616.62	-2017.52	-67136.5	-172.59	-16.81	10.50	-192.41	2.33	.144
	4	4	5.5-492806.7	-471400.3	57606.2	-620.09	-2017.52	-67136.5	-168.85	12.47	1.52	-181.41	2.33	.137
6- 9 CHO	4	4	.0-491882.7	-316658.0	149268.5	114.68	630.92	-70152.7	-168.53	8.38	3.95	-177.79	1.37	.135
	4	4	5.5-480953.2	29462.2	210887.9	109.56	630.92	-70152.7	-164.79	-.78	5.58	-170.42	1.37	.130
9- 12 CHO	4	4	.0-476182.4	176721.4	300028.2	-281.18	-456.95	-76662.9	-163.15	-4.67	7.94	-172.36	1.38	.131
	4	4	5.5-465252.9	-73958.6	143597.0	-289.90	-456.95	-76662.9	-159.41	1.96	3.80	-163.68	1.38	.125
12- 15 CHO	4	4	.0-461083.5	79093.4	235803.6	-145.24	-306.58	-87120.3	-157.98	-2.09	6.24	-164.56	1.38	.125
	4	4	5.5-450153.9	-89098.5	152312.6	-160.54	-306.58	-87120.3	-154.23	2.36	4.03	-158.90	1.39	.121
15- 18 CHO	4	4	.0-446088.0	63107.6	244745.6	-148.09	-244.28	-101813.8	-152.84	-1.67	6.47	-159.53	1.54	.121
	4	4	5.5-435158.5	-70901.8	156896.8	-174.46	-244.28	-101813.8	-149.10	1.88	4.15	-153.65	1.55	.117
18- 21 CHO	4	4	.0-430840.5	81986.9	250781.9	-163.05	-291.11	-120350.9	-147.62	-2.17	6.63	-154.60	1.82	.117
	4	4	5.5-419911.0	-77714.2	150177.4	-207.43	-291.11	-120350.9	-143.87	2.06	3.97	-148.34	1.84	.113
21- 24 CHO	4	4	.0-415516.0	76268.8	245972.3	-142.59	-280.08	-142188.7	-142.37	-2.02	6.51	-149.18	2.10	.113
	4	4	5.5-404586.5	-77385.6	149258.2	-215.94	-280.08	-142188.7	-138.62	2.05	3.95	-143.07	2.12	.109
24- 27 CHO	4	4	.0-399993.8	77812.7	247419.2	-128.74	-283.65	-166069.1	-137.05	-2.06	6.54	-143.91	2.41	.109
	4	4	5.5-389064.3	-77800.1	146668.9	-247.88	-283.65	-166069.1	-133.30	2.06	3.88	-137.69	2.45	.105
27- 30 CHO	4	4	.0-384183.6	79258.6	248049.3	-104.18	-288.28	-189479.5	-131.63	-2.10	6.56	-138.52	2.72	.105
	4	4	5.5-373254.1	-78890.0	142578.7	-294.85	-288.28	-189479.5	-127.89	2.09	3.77	-132.20	2.79	.101
30- 33 CHO	4	4	.0-367952.8	80864.4	248218.3	-59.46	-293.39	-207712.5	-126.07	-2.14	6.57	-132.98	2.95	.101
	4	4	5.5-357023.3	-80090.8	139034.5	-361.03	-293.39	-207712.5	-122.33	2.12	3.68	-126.57	3.07	.096

ANALYSIS OF JACK UP LEG WITH X BRACING SYSTEM DETAILED MODEL WITH 2ND EKSENTRISITY

*** Member Detail Report ***

Member	GRP	Load	Dist	Force	*Bending Moment*	*Shear Force*	Torsion	Axial	Bending Stress	Comb. Stress	Shear Stress	Max Comb. Unity
JA- JB	ID	Case	From End (M)	Fx (KG)	My Mz (KG-CM) /-- (KG-CM) --/	Fy Fz (KG) /-- (KG-CM) --/	Mx (KG-CM)	Stress Y	Z (KG/CM ²)	Stress	Stress	Check
52-	55	CHO	4	.0-246124.1	1085.0 -272034.7	1125.61 6.60	-28255.4	-84.33	-.03	-7.20	-91.52	1.15
			4	5.5-233548.6	4704.7 345477.7	1125.61 6.60	-28255.4	-80.02	-.12	9.14	-89.16	1.15
55-	58	CHO	4	.0-253389.6	7495.3 193588.9	-3231.68 -212.02	-27329.1	-86.82	-.20	5.12	-91.94	2.58
			4	5.5-240814.1	-108819.4 -1579310.0	-3231.68 -212.02	-27329.1	-82.51	2.88	-41.77	-124.38	2.58
58-	61	CHO	4	.0-92123.78	-2930.7 -177045.0	647.35 9.10	5.9	-31.56	.08	-4.68	-36.25	.44
			4	5.5-79548.23	2062.8 178093.1	647.35 9.10	5.9	-27.26	-.05	4.71	-31.97	.44
61-	64	CHO	4	.0-76343.59	2437.1 -22300.6	248.86 -5.54	-6.9	-26.16	-.06	-.59	-26.75	.17
			4	5.5-63768.05	-604.0 114221.6	248.86 -5.54	-6.9	-21.85	.02	3.02	-24.87	.17
64-	67	CHO	4	.0-59296.46	201.5 -82706.9	132.05 -2.49	1.0	-20.32	-.01	-2.19	-22.50	.09
			4	5.5-46720.93	-1166.7 -10262.4	132.05 -2.49	1.0	-16.01	.03	-.27	-16.28	.09
67-	70	CHO	4	.0-42826.20	.0 -111855.0	498.47 .00	.0	-14.67	.00	-2.96	-17.63	.34
			4	5.5-30250.66	.0 161605.2	498.47 .00	.0	-10.36	.00	4.27	-14.64	.34
70-	73	CHO	4	.0-26602.13	.0 -37395.3	45.64 .00	.0	-9.11	.00	-.99	-10.10	.03
			4	5.5-14026.60	.0 -12354.8	45.64 .00	.0	-4.81	.00	-.33	-5.13	.03
3-	6	CHO	4	.0-416249.9	1126621.0 -1061041.0	1541.01 -2863.18	110606.4	-142.62	-29.80	-28.06	-183.55	3.69
			4	5.5-405320.3	-444123.1 -216553.6	1537.54 -2863.18	110606.4	-138.87	11.75	-5.73	-151.94	3.69
6-	9	CHO	4	.0-393076.6	-264826.8 -125581.1	1121.09 -111.75	24742.8	-134.68	7.00	-3.32	-142.43	1.10
			4	5.5-382147.0	-326131.7 488157.1	1115.97 -111.75	24742.8	-130.93	8.63	12.91	-146.46	1.10
9-	12	CHO	4	.0-379083.9	-177332.3 581214.9	-1343.54 119.30	-25475.5	-129.88	4.69	15.37	-145.96	1.26
			4	5.5-368154.3	-111883.0 -158025.3	-1352.26 119.30	-25475.5	-126.14	2.96	-4.18	-131.26	1.27
12-	15	CHO	4	.0-364320.0	35027.9 -62842.0	129.74 8.71	-62869.4	-124.83	-.93	-1.66	-126.73	.92
			4	5.5-353390.5	39804.0 4523.0	114.45 8.71	-62869.4	-121.08	-1.05	.12	-122.14	.91
15-	18	CHO	4	.0-346596.7	192507.5 99816.8	-174.07 -563.43	-94546.1	-118.75	-5.09	2.64	-124.49	1.65
			4	5.5-335667.2	-116590.8 -2284.1	-200.44 -563.43	-94546.1	-115.01	3.08	-.06	-118.09	1.66
18-	21	CHO	4	.0-330307.9	37668.4 95599.8	-189.32 -214.56	-124753.2	-113.17	-1.00	2.53	-115.89	1.85
			4	5.5-319378.4	-80038.4 -19415.7	-233.69 -214.56	-124753.2	-109.43	2.12	-.51	-111.61	1.87
21-	24	CHO	4	.0-313769.9	73216.3 79677.7	-140.86 -256.14	-153683.9	-107.51	-1.94	2.11	-110.37	2.23
			4	5.5-302840.4	-67302.9 -16086.4	-214.21 -256.14	-153683.9	-103.76	1.78	-.43	-105.59	2.26
24-	27	CHO	4	.0-296827.2	87827.1 85598.3	-143.66 -306.58	-181572.8	-101.70	-2.32	2.26	-104.94	2.63
			4	5.5-285897.7	-80363.5 -23338.5	-262.81 -306.58	-181572.8	-97.96	2.13	-.62	-100.17	2.68
27-	30	CHO	4	.0-279709.0	76706.8 81603.1	-112.45 -282.70	-206796.3	-95.84	-2.03	2.16	-98.80	2.94
			4	5.5-268779.5	-78382.1 -28403.6	-303.12 -282.70	-206796.3	-92.09	2.07	-.75	-94.30	3.02
30-	33	CHO	4	.0-262154.0	81253.7 80703.0	-69.13 -292.69	-225078.3	-89.82	-2.15	2.13	-92.85	3.18
			4	5.5-251224.5	-79316.7 -33788.6	-370.71 -292.69	-225078.3	-86.08	2.10	-.89	-88.36	3.30

ANALYSIS OF JACK UP LEG WITH X BRACING SYSTEM DETAILED MODEL WITH 3TH EKSENTRISITY

*** Member Detail Report ***

			Dist													Max
Member	GRP	Load	From	Force	*Bending Moment*	*Shear Force*	Torsion	Axial	Bending	Stress	Comb.	Shear				Comb.
JA- JB	ID	Case	End	Fx	My	Fy	Mx	Stress	Y	Z	Stress	Stress				Unity
			(M)	(KG)	-- (KG-CM) --	-- (KG) --	(KG-CM)	/-----		(KG/CM^2)	-----					Check
52-	55	CHO	4	.0	29672.25	788.0	50530.5	264.83	-1.27	-159.7	10.17	-.02	1.34	11.50	.18	.008
			4	5.5	42247.79	92.3	195818.6	264.83	-1.27	-159.7	14.48	.00	5.18	19.65	.18	.013
55-	58	CHO	4	.0	11799.07	104.8	38333.7	186.83	-12.53	-398.7	4.04	.00	1.01	5.06	.13	.004
			4	5.5	24374.61	-6771.3	140828.9	186.83	-12.53	-398.7	8.35	.18	3.72	12.08	.13	.008
58-	61	CHO	4	.0	-6254.29	-6885.0	-16737.7	314.25	50.61	-715.3	-2.14	.18	-.44	-2.62	.23	.002
			4	5.5	6321.26	20880.7	155658.4	314.25	50.61	-715.3	2.17	-.55	4.12	6.32	.23	.004
61-	64	CHO	4	.0	-23719.70	21409.5	-2921.2	470.30	-39.35	-1375.1	-8.13	-.57	-.08	-8.70	.34	.007
			4	5.5	-11144.17	-177.2	255087.0	470.30	-39.35	-1375.1	-3.82	.00	6.75	-10.57	.34	.007
64-	67	CHO	4	.0	-41160.75	817.5	109172.2	-1449.79	-41.05	-989.7	-14.10	-.02	2.89	-16.99	1.01	.012
			4	5.5	-28585.22	-21702.9	-686182.5	-1449.79	-41.05	-989.7	-9.79	.57	-18.15	-27.95	1.01	.018
67-	70	CHO	4	.0	-64707.96	-21307.6	-873928.8	6896.22	53.39	-455.9	-22.17	.56	-23.11	-45.29	4.73	.030
			4	5.5	-52132.42	7983.3	2909339.0	6896.22	53.39	-455.9	-17.86	-.21	76.95	-94.81	4.73	.058
70-	73	CHO	4	.0	-59995.71	7880.5	2920517.0	-33951.95	-17.89	-419.0	-20.56	-.21	77.25	-97.80	23.27	.061
			4	5.5	-47420.18	-1931.4	-15705520.0	-33951.95	-17.89	-419.0	-16.25	.05	-415.40	-431.65	23.27	.253
3-	6	CHO	4	.0	-581627.6	728210.5	641852.6	-734.73	-2293.82	-84147.5	-199.28	-19.26	16.98	-224.96	2.76	.166
			4	5.5	-570698.1	-530177.2	224097.6	-788.60	-2293.82	-84147.5	-195.54	14.02	5.93	-210.76	2.77	.158
6-	9	CHO	4	.0	-567455.5	-372779.0	320438.7	41.80	750.39	-86420.0	-194.42	9.86	8.48	-207.43	1.66	.157
			4	5.5	-556526.0	38885.3	327785.7	-15.97	750.39	-86420.0	-190.68	-1.03	8.67	-199.41	1.66	.151
9-	12	CHO	4	.0	-549143.0	186891.3	420615.7	-265.62	-469.88	-92780.8	-188.15	-4.94	11.13	-200.32	1.60	.151
			4	5.5	-538213.5	-70883.3	257317.1	-331.44	-469.88	-92780.8	-184.41	1.87	6.81	-191.47	1.62	.146
12-	15	CHO	4	.0	-531373.3	83265.3	353010.1	-112.99	-318.30	-103779.9	-182.06	-2.20	9.34	-191.66	1.60	.145
			4	5.5	-520443.7	-91353.7	270004.8	-192.43	-318.30	-103779.9	-178.32	2.42	7.14	-185.86	1.63	.141
15-	18	CHO	4	.0	-513665.4	61462.5	365804.6	-131.69	-241.51	-119790.3	-176.00	-1.63	9.68	-185.81	1.77	.141
			4	5.5	-502735.9	-71027.7	267138.8	-232.23	-241.51	-119790.3	-172.25	1.88	7.07	-179.56	1.81	.136
18-	21	CHO	4	.0	-495642.2	81819.4	364206.2	-134.80	-289.71	-140145.5	-169.82	-2.16	9.63	-179.69	2.07	.136
			4	5.5	-484712.7	-77118.2	255755.0	-266.87	-289.71	-140145.5	-166.08	2.04	6.76	-173.14	2.12	.132
21-	24	CHO	4	.0	-477467.6	75915.2	354353.4	-104.70	-277.97	-164194.4	-163.59	-2.01	9.37	-173.18	2.37	.131
			4	5.5	-466538.1	-76581.3	250377.5	-283.72	-277.97	-164194.4	-159.85	2.03	6.62	-166.77	2.44	.127
24-	27	CHO	4	.0	-459018.3	76275.5	350722.1	-79.32	-277.67	-190515.0	-157.27	-2.02	9.28	-166.76	2.72	.126
			4	5.5	-448088.8	-76056.0	242851.5	-327.70	-277.67	-190515.0	-153.53	2.01	6.42	-160.26	2.81	.122
27-	30	CHO	4	.0	-440195.3	76567.6	345408.9	-38.50	-277.54	-216352.3	-150.82	-2.03	9.14	-160.18	3.05	.121
			4	5.5	-429265.7	-75692.6	233689.2	-389.11	-277.54	-216352.3	-147.08	2.00	6.18	-153.57	3.19	.117
30-	33	CHO	4	.0	-420860.1	76492.8	338899.6	27.11	-276.08	-236630.0	-144.20	-2.02	8.96	-153.39	3.32	.116
			4	5.5	-409930.6	-74962.6	224413.5	-474.50	-276.08	-236630.0	-140.45	1.98	5.94	-146.71	3.51	.111

ANALISA GLOBAL STICK MODEL 3 KAKI X BRACING SYSTEM WITH 1ST EKSENTRISITY

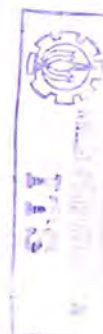
*** Report Of Support Reactions ***

Joint Number	Load Cond	Forces (KG)			Moments (KG-CM)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1	4	.000	.000	570888.015	.000	.000	.000
20	4	.000	.000	.000	.000	.000	.000
23	4	.000	.000	.000	.000	.000	.000
25	4	14499.059	.000	.000	.000	-135745043.539	.000
26	4	.000	.000	570888.015	.000	.000	.000

*** Wave Position Summary Report ***

Step No	Crest Position (M)	Phase Angle (Deg)	Force (KG)			Moment (KG-M)			Resultant Loads	
			Force (X)	Force (Y)	Force (Z)	Moment (X)	Moment (Y)	Moment (Z)	Horizontal Shear (KG)	Overturning Moment (KG-M)
1	.00	.0	-8299.06	.00	.00	.17	-551553.70	.00	8299.06	551553.70
2	2.38	5.0	-6295.80	.00	.00	.14	-437709.80	.00	6295.80	437709.80
3	4.76	10.0	-4167.24	.00	.00	.10	-315171.90	.00	4167.24	315171.90
4	7.14	15.0	-1947.31	.00	.00	.06	-186237.40	.00	1947.31	186237.40
5	9.52	20.0	325.41	.00	.00	.02	-53527.56	.00	325.41	53527.56
6	11.89	25.0	2609.45	.00	.00	-.02	80146.71	.00	2609.45	80146.71
7	14.27	30.0	4862.30	.00	.00	-.06	211927.60	.00	4862.30	211927.60
8	16.65	35.0	7042.24	.00	.00	-.10	339049.00	.00	7042.24	339049.00
9	19.03	40.0	9109.95	.00	.00	-.14	458954.50	.00	9109.95	458954.50
10	21.41	45.0	11029.86	.00	.00	-.18	569394.30	.00	11029.86	569394.30
11	23.79	50.0	12771.19	.00	.00	-.21	668488.60	.00	12771.19	668488.60
12	26.17	55.0	14308.54	.00	.00	-.23	754764.60	.00	14308.54	754764.60
13	28.55	60.0	15622.24	.01	.00	-.26	827165.70	.00	15622.24	827165.70
14	30.93	65.0	16698.38	.01	.00	-.27	885040.50	.00	16698.38	885040.50
15	33.30	70.0	17528.59	.01	.00	-.29	928113.90	.00	17528.59	928113.90
16	35.68	75.0	18109.66	.01	.00	-.30	956448.80	.00	18109.66	956448.80
17	38.06	80.0	18443.07	.01	.00	-.30	970395.40	.00	18443.07	970395.40
18	40.44	85.0	18532.92	.01	.00	-.30	970437.60	.00	18532.92	970437.60
19	42.82	90.0	18390.27	.01	.00	-.30	957507.10	.00	18390.27	957507.10
20	45.20	95.0	18123.71	.01	.00	-.29	938512.80	.00	18123.71	938512.80
21	47.58	100.0	17816.05	.01	.00	-.28	918529.50	.00	17816.05	918529.50
22	49.96	105.0	17465.22	.01	.00	-.28	897406.10	.00	17465.22	897406.10
23	52.34	110.0	17068.13	.01	.00	-.27	874924.90	.00	17068.13	874924.90
24	54.72	115.0	16620.95	.01	.00	-.26	850821.10	.00	16620.95	850821.10
25	57.09	120.0	16119.38	.01	.00	-.25	824798.80	.00	16119.38	824798.80
26	59.47	125.0	15558.91	.01	.00	-.25	796547.90	.00	15558.91	796547.90
27	61.85	130.0	14935.06	.00	.00	-.24	765756.30	.00	14935.06	765756.30
28	64.23	135.0	14243.60	.00	.00	-.23	732123.80	.00	14243.60	732123.80
29	66.61	140.0	13480.73	.00	.00	-.21	695370.20	.00	13480.73	695370.20
30	68.99	145.0	12643.29	.00	.00	-.20	655247.40	.00	12643.29	655247.40
31	71.37	150.0	11728.89	.00	.00	-.19	611545.30	.00	11728.89	611545.30

Note: Moments are about Mudline at Elevation (M) -76.50
Wave Loads calculated with only one segment



ANALISA GLOBAL STICK MODEL 3 KAKI X BRACING SYSTEM WITH 2ND EKSENTRISITY

*** Report Of Support Reactions ***

Joint Number	Load Cond	Forces (KG)			Moments (KG-CM)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1	4	.000	.000	570888.015	.000	.000	.000
20	4	.000	.000	.000	.000	.000	.000
23	4	.000	.000	.000	.000	.000	.000
25	4	26899.061	.000	.000	.000	-299008412.938	.000
26	4	.000	.000	570888.015	.000	.000	.000

*** Wave Position Summary Report ***

Step No	Crest Position (M)	Phase Angle (Deg)	Force (X) Force (Y) Force (Z)			Moment (X) Moment (Y) Moment (Z)			Resultant Loads	
			(KG)	(KG)	(KG)	(KG-M)	(KG-M)	(KG-M)	Horizontal Shear (KG)	Overturning Moment (KG-M)
1	.00	.0	-8299.06	.00	.00	.17	-551553.70	.00	8299.06	551553.70
2	2.38	5.0	-6295.80	.00	.00	.14	-437709.80	.00	6295.80	437709.80
3	4.76	10.0	-4167.24	.00	.00	.10	-315171.90	.00	4167.24	315171.90
4	7.14	15.0	-1947.31	.00	.00	.06	-186237.40	.00	1947.31	186237.40
5	9.52	20.0	325.41	.00	.00	.02	-53527.56	.00	325.41	53527.56
6	11.89	25.0	2609.45	.00	.00	-.02	80146.71	.00	2609.45	80146.71
7	14.27	30.0	4862.30	.00	.00	-.06	211927.60	.00	4862.30	211927.60
8	16.65	35.0	7042.24	.00	.00	-.10	339049.00	.00	7042.24	339049.00
9	19.03	40.0	9109.95	.00	.00	-.14	458954.50	.00	9109.95	458954.50
10	21.41	45.0	11029.86	.00	.00	-.18	569394.30	.00	11029.86	569394.30
11	23.79	50.0	12771.19	.00	.00	-.21	668488.60	.00	12771.19	668488.60
12	26.17	55.0	14308.54	.00	.00	-.23	754764.60	.00	14308.54	754764.60
13	28.55	60.0	15622.24	.01	.00	-.26	827165.70	.00	15622.24	827165.70
14	30.93	65.0	16698.38	.01	.00	-.27	885040.50	.00	16698.38	885040.50
15	33.30	70.0	17528.59	.01	.00	-.29	928113.90	.00	17528.59	928113.90
16	35.68	75.0	18109.66	.01	.00	-.30	956448.80	.00	18109.66	956448.80
17	38.06	80.0	18443.07	.01	.00	-.30	970395.40	.00	18443.07	970395.40
18	40.44	85.0	18532.92	.01	.00	-.30	970437.60	.00	18532.92	970437.60
19	42.82	90.0	18390.27	.01	.00	-.30	957507.10	.00	18390.27	957507.10
20	45.20	95.0	18123.71	.01	.00	-.29	938512.80	.00	18123.71	938512.80
21	47.58	100.0	17816.05	.01	.00	-.28	918529.50	.00	17816.05	918529.50
22	49.96	105.0	17465.22	.01	.00	-.28	897406.10	.00	17465.22	897406.10
23	52.34	110.0	17068.13	.01	.00	-.27	874924.90	.00	17068.13	874924.90
24	54.72	115.0	16620.95	.01	.00	-.26	850821.10	.00	16620.95	850821.10
25	57.09	120.0	16119.38	.01	.00	-.25	824798.80	.00	16119.38	824798.80
26	59.47	125.0	15558.91	.01	.00	-.25	796547.90	.00	15558.91	796547.90
27	61.85	130.0	14935.06	.00	.00	-.24	765756.30	.00	14935.06	765756.30
28	64.23	135.0	14243.60	.00	.00	-.23	732123.80	.00	14243.60	732123.80
29	66.61	140.0	13480.73	.00	.00	-.21	695370.20	.00	13480.73	695370.20
30	68.99	145.0	12643.29	.00	.00	-.20	655247.40	.00	12643.29	655247.40
31	71.37	150.0	11728.89	.00	.00	-.19	611545.30	.00	11728.89	611545.30

Note: Moments are about Mudline at Elevation (M) -76.50
Wave Loads calculated with only one segment

ANALISA GLOBAL STICK MODEL 3 KAKI X BRACING SYSTEM WITH 3TH EKSENTRISITY

*** Report Of Support Reactions ***

Joint Number	Load Cond	Forces (KG)			Moments (KG-CM)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1	4	.000	.000	570888.015	.000	.000	.000
20	4	.000	.000	.000	.000	.000	.000
23	4	.000	.000	.000	.000	.000	.000
25	4	39369.062	.000	.000	.000	-463193428.037	.000
26	4	.000	.000	570888.015	.000	.000	.000

*** Wave Position Summary Report ***

Step No	Crest Position (M)	Phase Angle (Deg)	Force (X) Force (Y) Force (Z)			Moment (X) Moment (Y) Moment (Z)			Resultant Loads	
			(KG)	(KG)	(KG)	(KG-M)	(KG-M)	(KG-M)	Horizontal Shear (KG)	Overturning Moment (KG-M)
1	.00	.0	-8299.06	.00	.00	.17	-551553.70	.00	8299.06	551553.70
2	2.38	5.0	-6295.80	.00	.00	.14	-437709.80	.00	6295.80	437709.80
3	4.76	10.0	-4167.24	.00	.00	.10	-315171.90	.00	4167.24	315171.90
4	7.14	15.0	-1947.31	.00	.00	.06	-186237.40	.00	1947.31	186237.40
5	9.52	20.0	325.41	.00	.00	.02	-53527.56	.00	325.41	53527.56
6	11.89	25.0	2609.45	.00	.00	-.02	80146.71	.00	2609.45	80146.71
7	14.27	30.0	4862.30	.00	.00	-.06	211927.60	.00	4862.30	211927.60
8	16.65	35.0	7042.24	.00	.00	-.10	339049.00	.00	7042.24	339049.00
9	19.03	40.0	9109.95	.00	.00	-.14	458954.50	.00	9109.95	458954.50
10	21.41	45.0	11029.86	.00	.00	-.18	569394.30	.00	11029.86	569394.30
11	23.79	50.0	12771.19	.00	.00	-.21	668488.60	.00	12771.19	668488.60
12	26.17	55.0	14308.54	.00	.00	-.23	754764.60	.00	14308.54	754764.60
13	28.55	60.0	15622.24	.01	.00	-.26	827165.70	.00	15622.24	827165.70
14	30.93	65.0	16698.38	.01	.00	-.27	885040.50	.00	16698.38	885040.50
15	33.30	70.0	17528.59	.01	.00	-.29	928113.90	.00	17528.59	928113.90
16	35.68	75.0	18109.66	.01	.00	-.30	956448.80	.00	18109.66	956448.80
17	38.06	80.0	18443.07	.01	.00	-.30	970395.40	.00	18443.07	970395.40
18	40.44	85.0	18532.92	.01	.00	-.30	970437.60	.00	18532.92	970437.60
19	42.82	90.0	18390.27	.01	.00	-.30	957507.10	.00	18390.27	957507.10
20	45.20	95.0	18123.71	.01	.00	-.29	938512.80	.00	18123.71	938512.80
21	47.58	100.0	17816.05	.01	.00	-.28	918529.50	.00	17816.05	918529.50
22	49.96	105.0	17465.22	.01	.00	-.28	897406.10	.00	17465.22	897406.10
23	52.34	110.0	17068.13	.01	.00	-.27	874924.90	.00	17068.13	874924.90
24	54.72	115.0	16620.95	.01	.00	-.26	850821.10	.00	16620.95	850821.10
25	57.09	120.0	16119.38	.01	.00	-.25	824798.80	.00	16119.38	824798.80
26	59.47	125.0	15558.91	.01	.00	-.25	796547.90	.00	15558.91	796547.90
27	61.85	130.0	14935.06	.00	.00	-.24	765756.30	.00	14935.06	765756.30
28	64.23	135.0	14243.60	.00	.00	-.23	732123.80	.00	14243.60	732123.80
29	66.61	140.0	13480.73	.00	.00	-.21	695370.20	.00	13480.73	695370.20
30	68.99	145.0	12643.29	.00	.00	-.20	655247.40	.00	12643.29	655247.40
31	71.37	150.0	11728.89	.00	.00	-.19	611545.30	.00	11728.89	611545.30

Note: Moments are about Mudline at Elevation (M) -76.50
Wave Loads calculated with only one segment

Tabel 6.1. *Out Put* Tegangan Kombinasi Akibat Eksentrisitas

No	Ei	Tegangan Kombinasi			
		Eks 2 (kN/m ²)	Eks 1 (kN/m ²)	Eks 5 (kN/m ²)	Normal (kN/m ²)
1	0,0030	7393,20	3637,27	11104,99	1351,35
2	0,0067	8969,12	5213,19	12681,90	2928,25
3	0,0120	11234,44	7479,49	14947,22	5193,58
4	0,0192	14084,24	10329,29	17798,00	8044,35
5	0,0299	18468,77	14714,80	22203,12	12429,87
6	0,0434	23966,35	20212,38	27700,70	17926,46
7	0,0600	30663,28	26910,29	34379,00	24632,22
8	0,0799	38615,45	34861,48	42330,19	32576,54
9	0,1032	47917,01	44164,02	51631,75	41878,10
10	0,1304	58647,39	54893,42	62362,13	52608,49

Tabel 6.2. *Out Put* Tegangan Aksial Akibat Eksentrisitas

No	Ei	Axial stress			
		Eks 1 (kN/m ²)	Eks 2 (kN/m ²)	Eks 3 (kN/m ²)	Normal (kN/m ²)
1	0,003	559,96	672,73	783,55	37,27
2	0,007	602,13	714,90	825,72	79,43
3	0,012	662,93	775,70	885,54	139,25
4	0,019	735,50	848,27	958,10	211,82
5	0,030	850,23	962,03	1072,84	326,56
6	0,043	992,43	1105,20	1216,02	469,74
7	0,060	1166,00	1277,80	1388,61	642,33
8	0,080	1369,98	1482,76	1593,57	847,29
9	0,103	1608,28	1721,06	1831,87	1085,39
10	0,130	1882,67	1993,68	2104,50	1358,21

Tabel 6.3. *Out Put* Tegangan Geser Akibat Eksentrisitas

No	Ei	Tegangan Geser			
		Eks 1 (kN/m ²)	Eks 2 (kN/m ²)	Eks 3 (kN/m ²)	Normal (kN/m ²)
1	0,0030	163,77	398,15	570,49	73,55
2	0,0067	250,07	484,45	656,75	159,85
3	0,0120	373,63	608,99	781,24	284,39
4	0,0192	530,54	764,91	937,09	440,32
5	0,0299	770,80	1005,18	1177,24	680,58
6	0,0434	1071,86	1306,24	1478,17	981,64
7	0,0600	1438,63	1673,01	1845,75	1349,39
8	0,0799	1875,02	2109,40	2280,97	1784,80
9	0,1032	2384,97	2619,34	2790,69	2294,74
10	0,1304	2973,36	3207,74	3378,82	2883,14

Tabel 6.4. *Out Put* Tegangan Lentur Akibat *Eksentrisitas*

No	Ei (kN/m ²)	Bending Stress			
		Eks 1 (kN/m ²)	Eks 2 (kN/m ²)	Eks 3 (kN/m ²)	Normal (kN/m ²)
1	0,0030	1808,34	5126,89	9054,43	47,07
2	0,0067	2586,98	6199,73	9833,08	825,72
3	0,0120	4180,55	7793,31	11426,65	2419,29
4	0,0192	6730,27	10343,02	13975,39	4968,02
5	0,0299	10234,17	13846,92	17479,28	8471,92
6	0,0434	14804,04	18415,81	22049,16	13041,80
7	0,0600	20450,68	24063,44	27695,80	18688,44
8	0,0799	27246,66	30858,43	34491,77	25484,41
9	0,1032	35254,73	38899,84	42500,82	33492,48
10	0,1304	44562,17	48174,92	51808,27	42800,91

Tabel 6.5. *Out Put Unity Check* Akibat *Eksentrisitas*

No	Ei	Unity Check			
		Normal	Eks 1	Eks 2	Eks 3
1	0,0030	0,008	0,023	0,045	0,067
2	0,0067	0,017	0,032	0,054	0,077
3	0,0120	0,031	0,045	0,068	0,09
4	0,0192	0,048	0,062	0,085	0,107
5	0,0299	0,074	0,089	0,111	0,133
6	0,0434	0,107	0,121	0,144	0,166
7	0,0600	0,147	0,161	0,184	0,206
8	0,0799	0,194	0,209	0,231	0,253
9	0,1032	0,25	0,264	0,287	0,309
10	0,1304	0,314	0,328	0,351	0,373

Tabel 6.6. Tegangan Kombinasi Akibat *Eksentrisitas* dan Beban *Deck*

No	Ei	Normal (kN/m ²)	Eks 1 (kN/m ²)	Eks 2 (kN/m ²)	Eks 3
1	0,003	38392,84	40264,92	43988,48	47733,63
2	0,007	39201,88	41064,16	44787,72	48532,86
3	0,012	40838,61	42699,90	46424,44	50168,60
4	0,019	43455,99	45317,28	49040,85	52785,99
5	0,030	47053,05	48914,34	52637,91	56382,07
6	0,043	51743,54	53604,84	57328,40	61073,54
7	0,060	57539,24	59400,54	63125,08	66870,22
8	0,080	64513,70	66375,97	70099,54	73844,68
9	0,103	72732,61	74593,90	78317,47	82062,61
10	0,130	82283,26	84145,53	87869,10	91613,26

Tabel 6.7. Tegangan Aksial Akibat *Eksentrisitas* dan Beban *Deck*

No	Ei	Eks 0 der	Eks 1 der	Eks 3 der	Eks 5 der
1	0,003	34528,06	34583,96	34694,77	34806,57
2	0,007	34548,65	34604,55	34715,36	34827,16
3	0,012	34591,8	34646,72	34757,53	34869,33
4	0,019	34659,47	34714,38	34826,18	34937,97
5	0,030	34752,63	34807,55	34919,34	35031,14
6	0,043	34873,25	34929,15	35039,96	35151,76
7	0,060	35022,31	35078,21	35189,02	35300,82
8	0,080	35201,77	35256,69	35368,48	35480,28
9	0,103	35411,63	35466,55	35578,34	35690,14
10	0,130	35654,84	35709,75	35821,55	35933,34

Tabel 6.8. Tegangan Geser Akibat *Eksentrisitas* dan Beban *Deck*

No	Ei	Normal (kN/m ²)	Eks 1 (kN/m ²)	Eks 2 (kN/m ²)	Eks 3 (kN/m ²)
1	0,003	298,1206	400,10928	603,1059	807,08318
2	0,007	342,2503	443,25832	647,2356	851,21288
3	0,012	432,4711	533,47904	736,47566	941,4336
4	0,019	575,6474	578,5894	879,65202	1084,60996
5	0,030	772,7601	873,76806	1076,76468	1281,72262
6	0,043	1029,693	1130,70098	1333,6976	1538,65554
7	0,060	1347,427	1448,43482	1651,43144	1855,40872
8	0,080	1729,884	1831,87288	2034,8695	2238,84678
9	0,103	2182,949	2283,95714	2486,95376	2691,9117
10	0,130	2710,544	2811,55222	3014,54884	3512,72412

Tabel 6.9. *Unity Check* Akibat *Eksentrisitas* dan Beban *Deck*

No	Ei	Normal	Eks 1	Eks 2	Eks 3
1	0,003	0,29	0,3	0,319	0,339
2	0,007	0,294	0,304	0,323	0,343
3	0,012	0,303	0,312	0,332	0,351
4	0,019	0,316	0,326	0,345	0,365
5	0,030	0,335	0,345	0,364	0,385
6	0,043	0,359	0,369	0,391	0,413
7	0,060	0,392	0,403	0,425	0,447
8	0,080	0,433	0,444	0,467	0,489
9	0,103	0,482	0,493	0,516	0,538
10	0,130	0,539	0,55	0,572	0,595

Tabel 6.10. Gaya Reaksi Searah Sumbu X Akibat *Eksentrisitas*

No	Ei	Normal	Eks 1	Eks 2	Eks 3
1	0,003	0,96655	61,78855	183,43258	305,76328
2	0,007	4,079194	64,90119	186,54519	308,87589
3	0,012	9,518368	70,34037	191,98435	314,31515
4	0,019	17,55069	78,3727	200,01668	322,34748
5	0,030	28,45752	89,27952	210,92353	333,25423
6	0,043	42,51684	103,3388	224,98283	347,31363
7	0,060	60,06221	120,8842	242,52822	364,85892
8	0,080	81,41377	142,2358	263,87978	386,21048
9	0,103	106,5879	167,3216	288,96562	411,29632
10	0,130	136,2167	197,0387	318,68266	441,01336

Tabel 6.11. Moment Searah Sumbu Y Akibat *Eksentrisitas*

No	Ei	Normal	Eks 1	Eks 2	Eks 3
1	0,0168414	12,290684	4665,1739	13970,9409	23329,2395
2	0,071053	53,574058	4706,4574	14012,2214	23370,52
3	0,1657947	120,15239	4773,0359	14078,8019	23437,1004
4	0,3057986	212,57721	4865,4068	14171,2219	23529,5303
5	0,4956842	330,11729	4983,0013	14288,7653	23647,0639
6	0,7405752	471,30507	5124,1888	14429,9606	23788,2494
7	1,0444784	634,58644	5287,4693	14593,2383	23951,5368
8	1,4180973	817,41197	5470,2954	14776,0574	24134,356
9	1,8550506	1016,8585	5669,7405	14975,5046	24333,8031
10	2,3726755	1227,9726	5880,8556	15186,6256	24544,9241



LAMPIRAN
GAMBAR

DATA LINGKUNGAN OPERASI JACK-UP

1. Lokasi Struktur : struktur yang dianalisa merupakan struktur *Dyvi Gamma* yang beroperasi di laut utara khususnya berada pada *Norwegia Sector*

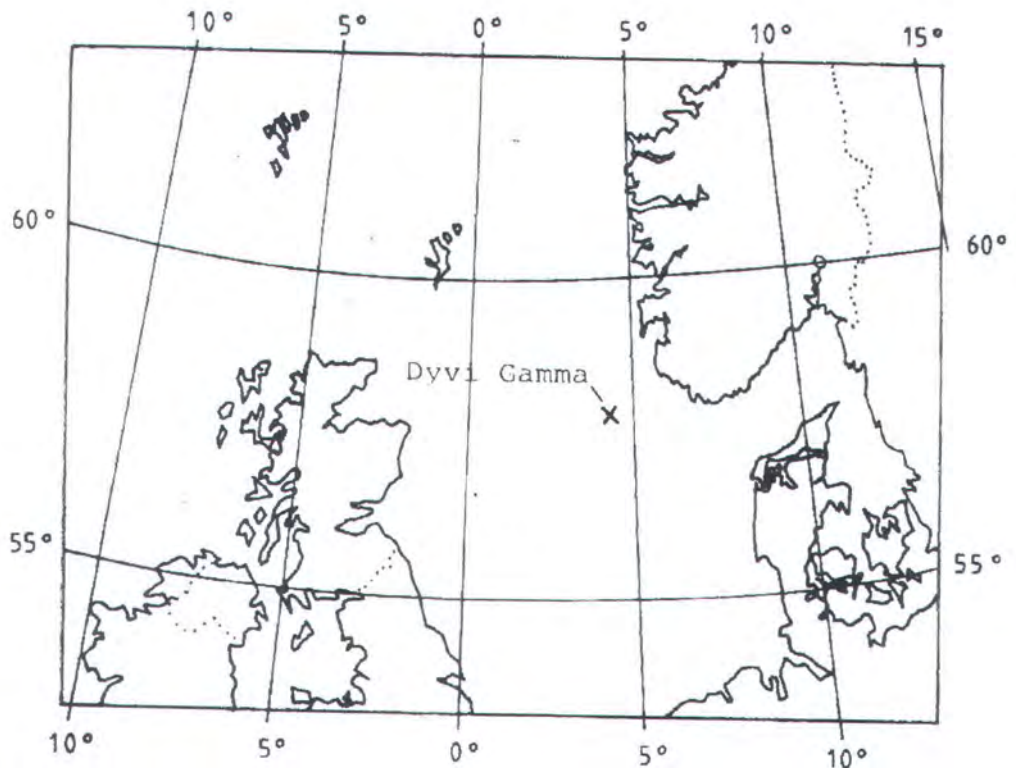


Fig.4.1.1 Geographic location of 'Dyvi Gamma' during measuring.

Peta lokasi daerah operasi *Dyvi Gamma Jack-Up Platform*

2. Data Lingkungan : kondisi lingkungan perairan untuk perhitungan beban lingkungan pada model *jack-up* dikondisi operasional adalah sebagai berikut :

- kedalaman laut	: 7,65 m
- tinggi gelombang	: 8 m
- periode gelombang	: 10,4 dt
- kecepatan angin	: 25 m/dt
- kecepatan arus pada SWL	: 2,4 m/dt

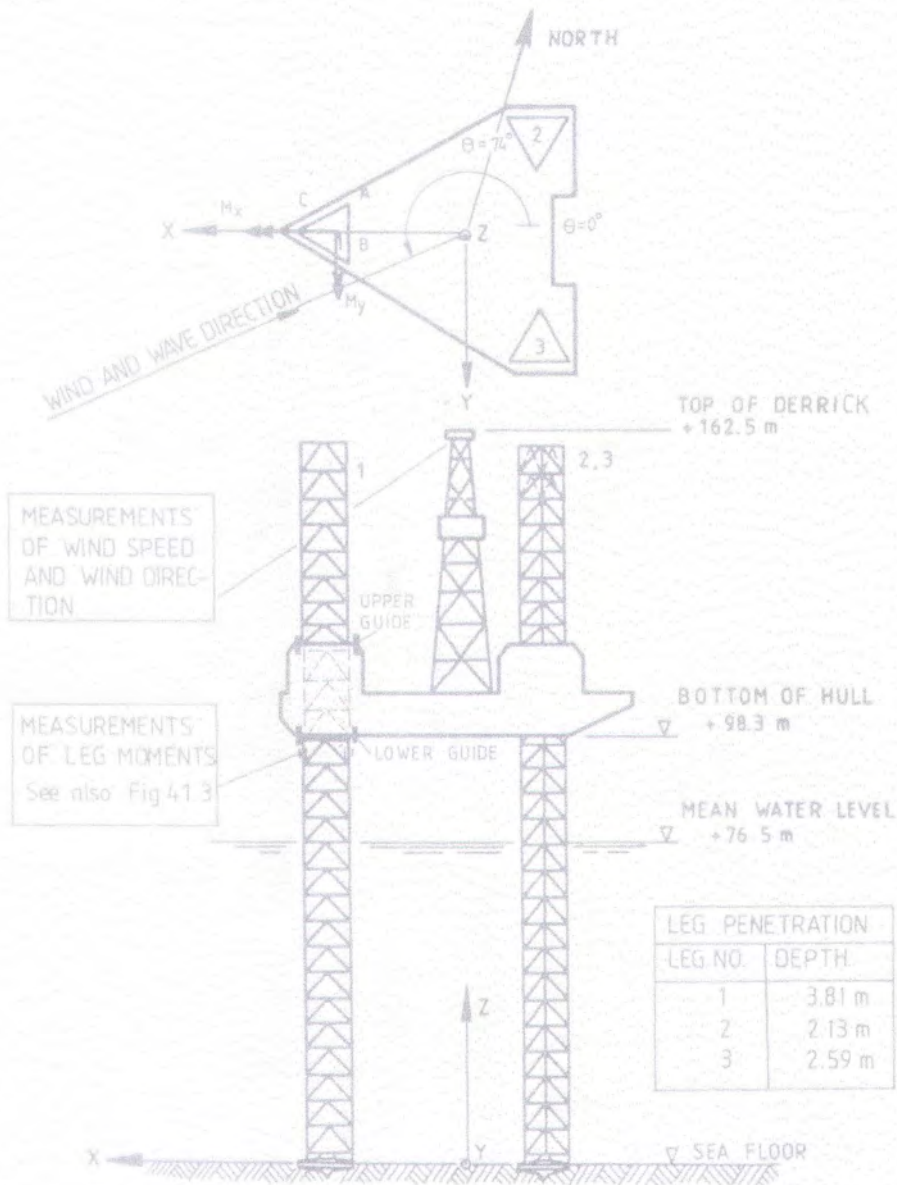
DATA STRUKTUR DYVI GAMMA JACK UP



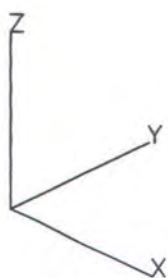
D.n.V. Report No 83-0145

Page No. 4-3

Dynamics of Jack-Up Platforms- Final Report



DEFLEKSI PADA KONDISI NORMAL



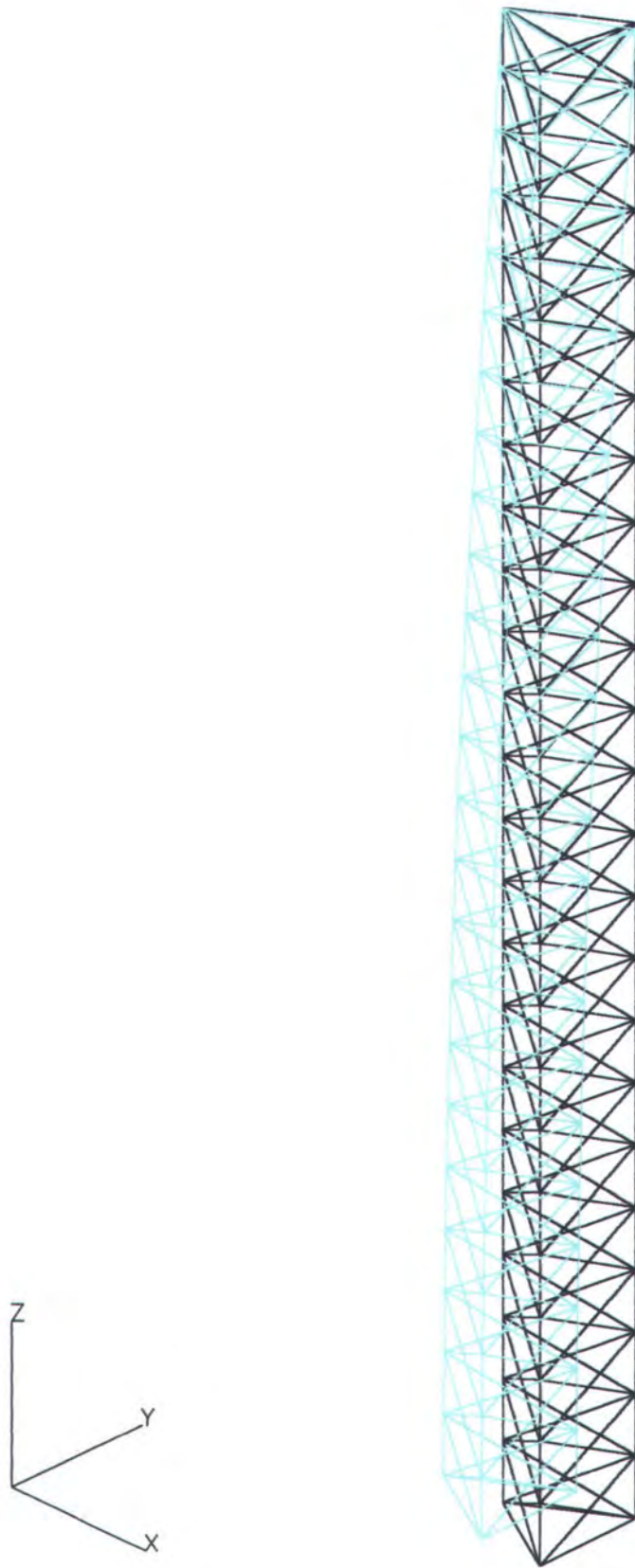
Magnification Factor: 100.0

DEFLEKSI AKIBAT EKSENTRISITAS 1



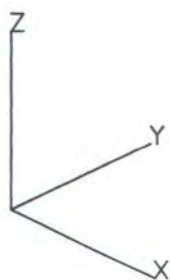
Magnification Factor: 100.0

DEFLEKSI AKIBAT EKSENTRISITAS 2



Magnification Factor: 100.0

DEFLEKSI AKIBAT EKSENTRISITAS 3




Magnification Factor: 100.0

STICK MODEL

Eksentrisitas 1

$$F_x = -6200 \text{ kg}$$
$$M_y = 47430000 \text{ kg/cm}^2$$


$$e = -2.3 \text{ m}$$

$$F_z = 1141776 \text{ kg}$$

Eksentrisitas 2

$$F_x = -18600 \text{ kg}$$
$$M_y = 142290000 \text{ kg/cm}^2$$

$$e = -6.9 \text{ m}$$

$$F_z = 1141776 \text{ kg}$$

Eksentrisitas 3

$$F_x = -31070 \text{ kg}$$
$$M_y = 236785500 \text{ kg/cm}^2$$

$$e = -11.52 \text{ m}$$

$$F_z = 1141776 \text{ kg}$$